



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 :

G01N 9/00, G01B 11/24, H04N 3/15,  
H01L 27/148

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/1025

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum:

12. März 1998 (12.03.98)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/DE97/01956

(22) Internationales Anmeldedatum: 5. September 1997 (05.09.97)

(30) Prioritätsdaten:

196 35 932.5

5. September 1996 (05.09.96)

DE

197 04 496.4

7. Februar 1997 (07.02.97)

DE

(71)(72) Anmelder und Erfinder: SCHWARTE, Rudolf [DE/DE];  
Kreuztaler Strasse 56, D-57250 Netphen (DE).(74) Anwälte: WEBER, Dieter usw.; Gustav-Freytag-Strasse 25,  
Postfach 61 45, D-65051 Wiesbaden (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BC, BR, BY, CA, CN, CU, CZ, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GR, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

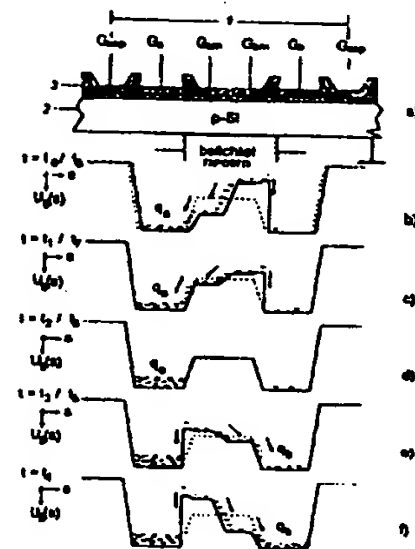
Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassener Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING THE PHASE- AND/OR AMPLITUDE DATA OF AN ELECTROMAGNETIC WAVE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR BESTIMMUNG DER PHASEN- UND/ODER AMPLITUDENINFORMATION EINER ELEKTROMAGNETISCHEN WELLE

(57) Abstract

The invention concerns a method and corresponding device for determining the phase- and/or amplitude data of an electromagnetic wave. In order to bring about the spatial depth resolution of the image data obtained with such a method, the method according to the invention comprises the following steps: an electromagnetic wave is beamed onto the surface of a photonic mixed element comprising at least one pixel, the pixel having at least two light-sensitive modulation light gates  $G_{am}$  and  $G_{bm}$  and associated accumulation gates  $G_a$  and  $G_b$ ; modulation light gate voltages  $U_{am}(t)$  and  $U_{bm}(t)$ , which are configured as  $U_{am}(t) = U_0 + U_m(t)$  and  $U_{bm}(t) = U_0 - U_m(t)$ , are applied to the modulation light gates  $G_{am}$  and  $G_{bm}$ ; a direct voltage, whose magnitude is at least the same as that of the total of  $U_0$  and the amplitude of the modulation voltage  $U_m(t)$ , is applied to the accumulation gates  $G_a$  and  $G_b$ ; the charge carriers produced in the space charge region of the modulation light gates  $G_{am}$  and  $G_{bm}$  by the incident electromagnetic wave are subjected, as a function of the polarity of the modulation light gate voltages  $U_{am}(t)$  and  $U_{bm}(t)$ , to the potential gradient of a drift field and drift to the corresponding accumulation gate  $G_a$  or  $G_b$ ; and the charges  $q_a$  and  $q_b$  which have drifted to the accumulation gates  $G_a$  and  $G_b$ , respectively, are diverted. The corresponding photonic mixed element has at least one pixel which comprises at least two light-sensitive modulation light gates ( $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ) and accumulation gates ( $G_a$ ,  $G_b$ ) which are associated with the modulation light gates and are partitioned with respect to the incident electromagnetic wave. A plurality of photonic mixed elements can be assembled to form an array.



### (57) Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Bestimmung der Phasen- und/oder Amplitudeninformation einer elektromagnetischen Welle und eine entsprechende Vorrichtung. Um eine räumliche Tiefenauflösung der mit einem solchen Verfahren bei einer Vorrichtung gewonnenen Bildinformation zu erhalten, wird erfindungsgemäß ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem eine elektromagnetische Welle auf die Oberfläche eines mindestens ein Pixel aufweisenden photonischen Mischelementes eingestrahlt wird, wobei das Pixel mindestens zwei lichtempfindliche Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  und zugeordnete Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  aufweist; bei dem an die Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  angelegt werden, die als  $U_{am}(t) = U_0 + U_m(t)$  und  $U_{bm}(t) = U_m(t)$  ausgestaltet sind; bei dem an die Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  eine Gleichspannung angelegt wird, deren Betrag mindestens so groß wie der Betrag der Summe aus  $U_0$  und der Amplitude der Modulationsspannung  $U_m(t)$  ist; bei dem die in der Raumladungszone der Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  von der einfallenden elektromagnetischen Welle erzeugten Ladungsträger in Abhängigkeit von der Polarität der Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  dem Potentialgefälle eines Driftfeldes ausgesetzt werden und zum entsprechenden Akkumulationsgate  $G_a$  oder  $G_b$  driften; und bei dem die jeweils zu den Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  gedrifteten Ladungen  $q_a$  und  $q_b$  abgeleitet werden. Das entsprechende photonische Mischelement hat mindestens ein Pixel, welches mindestens zwei lichtempfindliche Modulationsphotogates ( $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ) und den Modulationsphotogates zugeordnete, gegenüber der einfallenden elektromagnetischen Welle abgeschottete Akkumulationsgates ( $G_a$ ,  $G_b$ ) aufweist. Mehrere photonische Mischelemente können zu einem Array zusammengeschaltet werden.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NK	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Verfahren und Vorrichtung zur Bestimmung  
der Phasen- und/oder Amplitudeninformation  
einer elektromagnetischen Welle

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bestimmung der Phasen- und Amplitudeninformation einer elektromagnetischen Welle.

Der Begriff Phase steht hier allgemein für Phasenlaufzeit und für die je nach Signalform ebenfalls verwendete Bezeichnung Laufzeit.

10 Im folgenden wird von einer Lichtwelle anstatt von einer elektromagnetischen Welle gesprochen. Dieses bedeutet jedoch keine Einschränkung nur auf den Spektralbereich der sichtbaren elektromagnetischen Wellen, sondern dient lediglich der Vereinfachung.

Zur Messung von Frequenzkomponenten nach Amplitude und Phase  
15 in breitbandigen und hochfrequenten Signalen werden in der elektronischen Meßtechnik und Nachrichtentechnik häufig Phasendetektoren eingesetzt, die das unbekannte Signal mit einer Sinusschwingung multiplizieren bzw. mischen und den Gleichanteil, der bei Vorliegen einer Signalkomponente gleicher Frequenz durch Integration bzw.  
20 Tiefpaßfilterung entsteht, bestimmen.

Dieser Prozeß erzeugt die Korrelationsfunktion des unbekannten Signals mit dem Mischsignal für eine bestimmte, einstellbare relative Phasenlage. Durch Ändern der Mischfrequenz (Wobbeln) kann das  
25 unbekannte Signal in seine Spektralanteile zerlegt werden. Durch mindestens 3 Phasenlagen der Mischfrequenz können Gleichanteil, Wechselamplitude und Phase der unbekannten Frequenzkomponente gleicher Frequenz bestimmt werden.

Die Untersuchung entsprechender optischer Signale, die eine wachsende Bedeutung in der Meßtechnik und Nachrichtentechnik erlangt  
30 haben, geschieht heute i.a. über breitbandige Photodetektoren als elektrooptische Wandler mit anschließender elektronischer Meßwertbestimmung - wie zuvor für elektrische Signale beschrieben.

alverteilung analog zu Fig. 6 für zwei Phasen bzw. Polaritäten der Modulationsphotogatespannung und

Fig. 14 in einer Draufsicht ein Pixel eines siebten Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen photonischen Misch-  
elementes mit vier Modulationsphotogates, vier Akku-  
mulationsgates sowie einem kreuzförmig ausgestalteten  
mittleren Gate  $G_0$ , vorzugsweise für digitale Modulation.

Fig. 1a zeigt den Querschnitt eines einzelnen Pixels 1 eines photonischen Mischelementes am Beispiel einer CCD-Struktur. Dabei umfaßt  
das photonische Mischelement neben dem Pixel 1 die für die Span-  
nungsversorgung und die Signalableitungen notwendigen Strukturen.  
Die äußeren Gates  $G_{sep}$  dienen lediglich zur elektrischen Abgrenzung  
dieses Pixels gegenüber benachbarten Strukturen.

Die in Fig. 1 gezeigte Ausführung ist auf einem p-dotierten Silizium-  
substrat 2 ausgeführt. Der Misch- oder Multiplikationsvorgang des  
vorgeschlagenen Konzepts sei zunächst für reine CW-Hochfrequenz-  
modulation betrachtet.

Bezogen auf den Querschnitt zeigt Fig. 1b-f schematisch die Potential-  
verteilungen für verschiedene Phasen des Mischprozesses. Die middle-  
ren Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  stellen den lichtsensitiven  
Teil dar und befinden sich im Inversionszustand. Zusätzlich zu einer  
positiven Vorspannung  $U_0$  an der leitfähigen aber optisch teiltranspa-  
renten oberen Abdeckung z.B. aus Poly-Silizium werden sie mit den  
überlagerten Gegentaktspannungen  $U_m(t)$  betrieben. Es ergeben sich die  
Modulationsspannungen  $U_{am}(t) = U_0 + U_m(t)$  bzw.  $U_{bm}(t) = U_0 - U_m(t)$ .

Diese verursachen multiplikativ eine Separierung der durch die Pho-  
tonen der einfallenden Lichtwelle in der Raumladungszone erzeugten  
Minoritätsladungsträger unmittelbar unterhalb der Isolatorschicht 3,  
z.B. aus Siliziumoxyd oder Siliziumnitrid. Diese Ladungsträger (im  
Beispiel Elektronen) driften unter dem Einfluß der modulierenden  
Gegentaktspannung zu den eng benachbarten positiven Akkumulati-  
onsgates  $G_a$  oder  $G_b$  und werden dort aufintegriert während die Majo-

25

ritätsladungsträger bzw. Löcher zum Masseanschluß des p-Si-Substrats fließen. Auch eine rückwärtige Beleuchtung ist möglich.

Fig. 2 zeigt eine Aufsicht von zwei Pixeln 1 des erfinderischen photo-  
nischen Mischelementes einschließlich eines Teils einer Interline-  
5 Transfer-Auslesevorrichtung 7 in Form eines 3-Phasen-CCD-Schiebe-  
registers, an dessen einem Ende sich die Ausleseelektronik mit einem  
Diffusionsübergang für die serielle Weiterverarbeitung der durch die  
Korrelation gewonnen Ladungswerte befindet. Nach einer vorgebbaren  
Zeit T für die Ladungsakkumulation unter allen Akkumulations-  
10 gates der Zeile werden z.B. bei Pixel Nr. n die Ladungen  $q_a$  und  $q_b$  unter  
 $G_a$  und  $G_b$  über das Transfergate  $TG_a$  bzw.  $TG_b$  auf das 3-Phasen-  
Ausleseschieberegister gegeben. Die begrenzenden Separationsgates  
 $G_{sep}$  schirmen das Korrelationspixel gegen unerwünschte äußere Ein-  
flüsse ab und liegen vorzugsweise auf Massepotential.

15 In Fig. 3 sind die zu Fig. 1 gehörenden Sannungsverläufe dargestellt.  
Die Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  werden mittels der in Fig. 3  
dargestellten Modulationsphotogatespannungen, die eine gegenpha-  
sige HF-Modulationsspannung  $U_m(t)$  enthalten, angesteuert, die wie  
folgt beschrieben sind:

$$20 \quad U_{am} = U_0 + U_m \cos(\omega_m t) \quad (1 a)$$

und

$$U_{bm} = U_0 + U_m \cos(\omega_m t - 180^\circ) = U_0 - U_m \cos(\omega_m t) \quad (1 b)$$

In Fig. 1b-f ist die Potentialverteilung  $U_s(s)$  in der Raumladungszone  
über der räumlichen Ausdehnung s eines repräsentativen Pixels 1 für  
25 alle beteiligten Gates dieses Pixels in der zeitlichen Sequenz von  $t_0$  bis  
 $t_3$  für die Dauer einer Periode  $T_m$  des HF-Modulationssignals anschau-  
lich dargestellt. An den Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  sorgt eine rela-  
tiv hohe positive Spannung für die Ansammlung der photogenerier-  
ten Ladungsträger, nachdem diese nach Maßgabe und Polarität der  
30 Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  entweder vor-  
wiegend zur linken oder zur rechten Seite des in Fig. 1 im Querschnitt  
gezeigten Pixels 1 gedriftet sind. Dieser Vorgang wirkt sich dann in be-  
sonderer Weise aus, wenn die Lichtmodulation und die Modulations-

photogatespannung  $U_{am}(t)$  die gleiche Frequenz aufweisen. Dann entsteht je nach der Phasendifferenz  $\varphi_{opt}$  eine mittlere Vorzugsrichtung der Ladungsträgerdrift zu den Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$ . Die zugehörigen gemittelten Ströme werden durch  $\bar{i}_a$  und  $\bar{i}_b$  beschrieben.

- 5 Der zugrundeliegende Korrelationsprozeß kann mathematisch so beschrieben werden: In der Empfangsebene des im allgemeinsten Fall 2D-Arrays photonischer Mischelemente ist  $z = 0$  und die einfallende modulierte Lichtwelle wird dort allgemein durch  $P_{opt}(x,y,t-\tau)$  beschrieben. Hier wird sie über die photogenerierten Ladungsträger mit dem dort
- 10 wirkenden Gegentakt-Modulationssignal, in allgemeiner Form durch  $U_m(x,y,t)$  beschrieben, bezüglich der Ladungsdifferenzen der beiden Akkumulationsgates annähernd multiplikativ und integrativ verknüpft. Die entsprechende Korrelationsfunktion  $\varphi_{U_m, P_{opt}}(x,y,t)$  wird z.B. für alle gemittelten Differenzen der Ladungsträgerdrifts
- 15  $\Delta q_{ab} / T = \Delta \bar{i}_{ab} = \bar{i}_a - \bar{i}_b$  (mit  $T$  = Integrationszeit) zu den Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  im allgemeinsten Fall ortsabhängig als Dreifachfaltung beschrieben:

$$\varphi_{U_m, P_{opt}}(x, y, \tau) = k_1 \cdot U_m(-x, -y, -\tau) *** P_{opt}(x, y, \tau) = k_2 \cdot \Delta \bar{i}_{ab}(x, y, \tau) \quad (2)$$

- mit der Laufzeitdifferenz  $\tau = \varphi_{opt} / \omega_m$ , der Modulationskreisfrequenz
- 20  $\omega_m$  und den strukturabhängigen, jedoch für das Funktionsprinzip unwesentlichen Konstanten  $k_1$  und  $k_2$ .

- Das erfindungsgemäße photonische Mischelement löst diese Aufgabe mit hoher Orts- und Zeitauflösung durch den schnellen separierenden Ladungstransport der Photoelektronen und deren Gegentaktspeicherung und Differenz- und Summenauswertung. Durch Differenzbildung der gemittelten Driftströme  $\Delta \bar{i}_{ab}(t) = \bar{i}_a(t) - \bar{i}_b(t)$ , die bei nichtstationären Lichtwellen zeitabhängig sind, werden dabei alle störenden Offset-Anteile unterdrückt und zugleich wird die gewünschte Korrelationsfunktion des Lichtsignals  $P_{opt}(t-\tau)$  mit der Modulationsspannung
- 25  $U_m(t)$  gebildet.
- 30

Dieser Vorgang soll im einzelnen näher beschrieben werden. Das über  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  verursachte HF-Driftfeld bewirkt, daß die Elektronen zu der jeweilig positiven Seite driften. Während z.B. der positiven

27

Halbwellen der Modulationsphotogatespannung  $U_{am}(t) = U_0 + U_m(t)$ , d.h., während der negativen Halbwellen von  $U_{bm}(t) = U_0 - U_m(t)$ , werden die photogenerierten Ladungsträger zum Akkumulationsgate  $G_a$  driften und dort als Ladungsmenge  $q_a$  angesammelt bzw. weitergeleitet (vergleiche die beiden oberen Modulationsphotogatespannungsverteilungen in Fig. 1b und c). In Fig. 3 ist für den Fall einer stationären, harmonisch modulierten Beleuchtung die optische Leistung pro Pixel dargestellt als

$$P_{opt}(t - \tau) = P_0 + P_m \cos(\omega_m t - \varphi_{opt}) \quad (3)$$

wobei  $P_0$  den Mittelwert inklusive der Hintergrundbeleuchtung,  $P_m$  die Modulationsamplitude,  $\omega_m$  die HF-Modulationsfrequenz,  $\varphi_{opt}$  die Phasenverzögerung und  $\tau = \varphi_{opt} / \omega_m$  die entsprechende Laufzeitverzögerung der einfallenden Lichtwelle gegenüber der Modulationsphase an  $G_{am}$  repräsentiert. Der gesamte erzeugte Photostrom pro Pixel ist

$$i(t) = S_\lambda \cdot P_{opt}(t - \tau) = S_\lambda \cdot [P_0 + P_m \cdot \cos(\omega_m t - \varphi_{opt})] \quad (4)$$

$$i(t) = I_0 + I_m \cdot \cos(\omega_m t - \varphi_{opt}) \quad (5)$$

mit den Größen  $i(t) = i_a(t) + i_b(t)$ ,  $I_0$  = Mittelwert des Pixelphotostroms gemäß  $P_0$ ,  $I_m$  = Wechselamplitude des modulierten Photostroms gemäß  $P_m$ , und  $S_\lambda$  = Spektrale Empfindlichkeit. Dieser gesamte Photostrom pro Pixel ist in zwei Anteile aufgeteilt und zwar in den Strom  $i_a(t)$  des Akkumulationsgates  $G_a$  und in den Strom  $i_b(t)$  des Akkumulationsgates  $G_b$ . Da diese Werte aufintegriert werden - in CCD-Technologie unter den jeweiligen Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  und bei der pixelweise auslesenden CMOS-Technologie vorzugsweise in der Ausleseelektronik - genügt es, im folgenden die Mittelwerte  $\bar{i}_a$  und  $\bar{i}_b$  dieser Ströme zu berücksichtigen. Das Maximum der Ladungsseparation wird für den Winkel  $\varphi_{opt} = 0$  bzw.  $\tau = 0$  erreicht. Dieser Fall ist in Fig. 3 dargestellt.

Bei harmonischer Modulation ergibt sich unter der Voraussetzung idealisierter Bedingungen wie geeigneter Modulationsamplitude, vernachlässigbarer Driftlaufzeiten, 100%-Modulationstiefe mit  $P_m = P_0$  für die mittleren Photoströme  $\bar{i}_a$  bzw.  $\bar{i}_b$

$$\bar{i}_a = \frac{I_0}{2} + \frac{I_m}{\pi} \cos(\varphi_{opt}) \quad (6)$$

$$\bar{i}_b = \frac{I_0}{2} - \frac{I_m}{\pi} \cos(\varphi_{opt}) \quad (7)$$

In Fig. 4 ist der Verlauf dieser idealisierten mittleren Pixelströme gezeigt. Sie repräsentieren die gegenphasigen Korrelationfunktionen, die aus den HF-modulierten Empfangslicht und den an den Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  angelegten HF-Modulationsphotogatespannungen resultieren. Ihre Summe entspricht mit  $I_0$  der mittleren Pixellichtleistung  $P_0$ . Die gesamte Ladungsmenge, die über der Zeit  $T = N \cdot T_m$  (d.h., über  $N$  Perioden  $T_m$  der HF-Modulationsspannung) angesammelt wird, ergibt sich zu

$$\bar{i}_a(\tau) \cdot T = q_{aT}(\tau) = \frac{I_0}{2} + \text{const.} \int_0^T P_{opt}(t - \tau) \cdot U_m(t) \cdot dt \quad (8)$$

mit einer der Phasenverzögerung entsprechenden Laufzeit  $\tau = \varphi_{opt} / \omega_m$ . Im folgenden wird  $q_{aT}$  nur noch mit  $q_a$  bezeichnet. Die Gesamtheit der Ladungen der Akkumulationsgates  $G_a$  bzw.  $G_b$  aller Pixel 1 formt zwei ortsdiskrete HF-Interferogramme, das a-Interferogramm bzw. das um  $180^\circ$  gegenüber dem a-Interferogramm verschobene b-Interferogramm, aus denen durch Differenzbildung das laufzeitbestimmte und gesuchte Differenz-HF-Interferogramm gebildet wird, das durch Gleichung (2) beschrieben wird.

In Fig. 11 ist das Schema einer erfindungsgemäßen 3D-Kamera gezeigt, das die direkte Mischung auf der Basis eines Arrays photonischer Mischelemente nutzt. Verglichen mit dem aus dem Stand der Technik bekannten 3D-Kamerakonzept, daß in Fig. 10 dargestellt ist, wird in Fig. 11 die Modulation eines Senders 4 für eine Beleuchtung optisch passiver 3D-Objekte durch die Direktmodulation des Stroms einer Laserdiode realisiert. Dabei wird die Modulation durch einen HF-Generator 13 erzeugt. Für größere Abstände ist z.B. der Einsatz eines leistungsstarken Laserdiodenarrays mit vorzugsweise gemeinsamem Modulationsstrom und - zur Augensicherheit - mit unterschiedlichen Wellenlängen vorteilhaft.



29

Eine erste Optik 5 bildet die Lichtwelle auf die Oberfläche eines Objektes 6 ab. Die vom Objekt 6 reflektierte Lichtwelle wird dann durch eine zweite Optik 7 auf die Oberfläche eines photonischen Mischelementarrays 8 abgebildet.

- 5 Das photonische Mischelementarray 8 wird ebenfalls durch den HF-Generator 13 angesteuert, wobei die Ansteuerung für unterschiedliche Phasenverschiebungen zur Phase der abgestrahlten Lichtwelle durch den HF-Generator 13 erfolgt. Die Signale des photonischen Mischelementarrays 8 werden, soweit nicht bereits on-chip geschehen, schließlich von einer Auswerteeinheit 9 ausgewertet.

10 Aufgrund der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung ist für das vorgeschlagene 3D-Kamerakzept neben dem erfindungsgemäßen photonischen Mischelementarray kein zusätzlicher optischer Modulator mit hoher Apertur notwendig, was zu einer wirtschaftlich vorteilhaften Lösung führt.

Zur Bestimmung der Pixelphase  $\phi_{\text{opt}}$  aus den resultierenden Korrelationsamplituden werden wie zuvor angegeben insgesamt vier verschiedene Interferogramme bei vier verschiedenen Phasen des Mischersignals herangezogen. Die vier Phasen des Mischersignals ergeben sich für den Fall, daß die Modulationsphotogatespannungen  $U_{\text{am}}$  und  $U_{\text{bm}}$  vom Zustand des Phasenverhältnisses  $0^\circ/180^\circ$  auf den Zustand  $90^\circ/270^\circ$  umgeschaltet bzw. um  $90^\circ$  verzögert werden. Auf diese Weise erhält man die beiden zugehörigen Imaginär- bzw. Quadratur-Komponenten zu den Real- bzw. Inphase-Komponenten, woraus die gesuchte Pixelphase gemäß der unten beschriebenen Gleichung (10) berechnet werden kann.

Diese Vorgehensweise ermöglicht gleichzeitig die Eliminierung von störenden Offset-Spannungen, die durch die Hintergrundhelligkeit und durch den Mischvorgang erzeugt werden.

- 30 Neben dem beispielhaft beschriebenen Meßvorgang von CW-modulierten 3D-Lichtwellen durch 2D-Korrelation mit einer Modulationsspannung  $U_{\text{m}}(x,y,t)$  vorzugsweise gleicher Frequenz in der Ebene des photonischen Mischelementarrays kann die erfindungsgemäße Meß-

vorrichtung auch mit pulsförmigen Modulationssignalen vorteilhaft eingesetzt werden.

Für Aufgaben der hochpräzisen Laufzeitmessung von 3D-Lichtwellen ist insbesondere eine Pseudo-Rausch-Modulation des Lichts vorteilhaft. Eine beispielhafte Ausführung zur Vermessung optisch passiver 3D-Objekte zeigt Fig. 12. Die erfindungsgemäße Vorrichtung weist ähnlich dem Ausführungsbeispiel mit harmonischer Modulation in Fig. 11 eine entsprechende Beleuchtungseinrichtung auf, die die 3D-Objekte 6 mit in der Intensität PN(Pseudo-Noise)-moduliertem Licht beleuchtet und das reflektierte und empfangene Licht dem Korrelationsprozeß mit vorzugsweise dem entsprechenden PN-Modulationssignal, das vom Generator 13 erzeugt wird, unterzieht.

Da die Korrelation derartiger PN-Signale mit zunehmender Wortlänge  $T_W = T_B(2^N - 1)$  einem dreieckförmigen Nadelimpuls mit einer Halbwertsbreite gleich der Bitbreite  $T_B$  ähnelt, muß zur eindeutigen und vollständigen Vermessung des ganzen Lichtvolumens bzw. des ganzen beleuchteten Raumes eine relative Verzögerung  $T_D$  zwischen dem lichtmodulierenden PN-Signal und der demodulierenden PN-Gegentaktspannung  $U_m(t)$  der gleichen Signalform an den Modulationsphotogates mindestens einmal den ganzen Verzögerungsbereich der maximalen Echolaufzeit kontinuierlich oder schrittweise in  $T_B$ -Schritten durchlaufen. Dazu dient das von der Steuerungs- und Auswerteeinheit 9 bezüglich der Verzögerung  $T_D$  einstellbare Verzögerungsglied 11.

In Fig. 5a ist am Beispiel einer rechteckförmigen 15Bit-PN-Sequenz das Modulationssignal  $U_m(t)$  dargestellt. Das Ergebnis der Korrelation durch das photonischen Mischelement sind die in Fig. 5b über der relativen Verzögerung  $\tau$  dargestellten gemittelten Driftströme  $\bar{i}_u$  und  $\bar{i}_b$ .

Beim später beschriebenen Vierfachpixel gemäß Fig. 8, Fig. 9 und Fig. 14 sind die an den Modulationsphotogates  $G_{cm}$  und  $G_{dm}$  anliegenden und der Vorspannung  $U_0$  überlagerten Gegentakt-Modulationsphotogatespannungen vorzugsweise um  $T_B$  gegenüber den an den Modulationsphotogates  $G_a$  und  $G_b$  anliegenden Gegentakt-Modulationsphotogatespannungen verzögert, d.h.  $U_{cm}(t) = U_0 + U_m(t - T_B)$  und  $U_{dm}(t) = U_0 -$

$U_m(t-T_B)$ , was zu sehr vorteilhaften Amplituden- und Laufzeitmessungen führt.

Bis auf eine vorgebbare Verzögerung  $T_D$  der Modulationsspannungen weist die vom Sender 4 abgestrahlte Lichtintensität  $\text{const.} \cdot P_{\text{opt}}(t)$  die gleiche PN-Signalstruktur auf. Die Reflexion erreicht das photonische Mischelement nach der Echolaufzeit. Die Korrelation mit den Gegen-  
 5 taktmodulationsspannungen führt je nach der relativen Laufzeitverzögerung  $\tau$  für  $T_D=0$  im Idealfall ohne Hintergrundhelligkeit beim Zweifachpixel auf die in Fig. 5b gezeigten mittleren Pixelströme  $\bar{i}_u$  und  
 10  $\bar{i}_v$  und beim Vierfachpixel mit dem genannten  $T_B$ -Zeitversatz zusätzlich auf die mittleren Pixelströme  $\bar{i}_c$  und  $\bar{i}_d$ . Diese Korrelationscharakteristik offenbart zunächst, daß mehrere Objektreflexionen auf dem gleichen Radiusvektor unterschieden werden können, z.B. zur Unterscheidung mehrerer hintereinander stehender teiltransparenter Ob-  
 15 jekte oder zur Elimination von Mehrfachreflexionen.

Zusätzlich werden beim Zweifachpixel nacheinander und beim Vierfachpixel gleichzeitig vorzugsweise in der jeweils entsprechenden Pixelauslese- und Signalvorverarbeitungselektronik 15 die in Fig. 5c dargestellte Summe und Differenz der mittleren Driftstromdifferenzen  
 20 gebildet. Sie erlauben hochempfindliche Messungen, da nur in dem  $T_B$  bis  $2T_B$  breiten Meßfenster Signalwerte ungleich Null erscheinen. Durch die Auswertung der Summe wird die Relevanz einer Messung aufgrund einer Mindestamplitude bestimmt. Die Differenz zeigt einen steilen linearen Verlauf im nutzbaren  $T_B$ -breiten Meßfenster, der eine  
 25 Laufzeitbestimmung mit hoher Auflösung erlaubt. Für das hier idealisierte Beispiel ist

$$\tau = T_D + \frac{T_B}{2} - \left[ \frac{\Delta \bar{i}_{uh} - \Delta \bar{i}_{vd}}{\Delta \bar{i}_{uh} + \Delta \bar{i}_{vd}} \right] \cdot \frac{T_B}{2} \quad (9)$$

Das Blockschaltbild einer entsprechenden Meßvorrichtung zur optischen Vermessung von 3D-Objekten mit PN-Modulation auf der Basis  
 30 des vorgeschlagenen Korrelations-Photodetektorarrays ist durch einen besonders einfachen Aufbau charakterisiert, wie in Fig. 12 veranschaulicht ist. Außer dem Generator 10 und dem Verzögerungsglied 11 ist dabei der gleiche Aufbau wie in Fig. 11 gegeben.

5 Zur schnellen Entfernungsbestimmung bei geringerer Auflösung wird erfindungsgemäß auch eine einfache Rechteckmodulation des Senders 4 durch den Generator 10 mit der Periode  $T$  und vorzugsweise gleicher Puls- und Pausendauer  $T_B$  verwendet. Die Laufzeitermittlung erfolgt nach Gleichung (9). Die Auflösung wird schrittweise durch die mit dem Faktor 2 abnehmende Periodendauer  $T$  erhöht, wobei auf den ersten Meßschritt zunächst ein zweiter mit gleicher Periode aber einer Zeitverschiebung  $T_D = T/4$  erfolgt.

10 Der in Fig. 1 beispielhaft dargestellte Querschnitt des Pixels 1 des erfindungsgemäßen photonischen Mischelementes kann bezüglich seiner Grenzfrequenz durch eine geeignete Auslegung des durch die Gegentaktmodulationsspannung verursachten Potentialgefälles optimiert werden. Hierzu zeigt Fig. 6 ein Ausführungsbeispiel, bei dem ein mittleres Gate  $G_0$  zwischen den Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  angeordnet ist, das vorzugsweise auf der Vorspannung  $U_0$  liegt, und das zusammen mit den Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  drei Potentialstufen bildet. Erwünscht ist ein möglichst gleichmäßiges Potentialgefälle bzw. ein möglichst konstantes Modulationsdriftfeld, was durch Erhöhung der Stufenzahl von zwei auf drei oder auch mehr erreicht wird. In der photosensitiven Raumladungszone nimmt mit dem Abstand von der Isolierschicht 3 ohnehin die Ausprägung der Stufen ab. Dieser Effekt wird in einer weiteren erfindungsgemäßen Ausführung genutzt, und zwar durch Verwendung eines sogenannten "Buried Channel", eines von der Isolierschicht einige  $\mu m$  entfernten, etwas tiefer im p-Substrat unter den Modulationsphotogates liegenden, schwach dotierten n-Kanals. Weiterhin ist eine Abschattung 12 für die Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  vorgesehen, damit diese nicht von der Lichtwelle beleuchtet werden und zusätzliche Ladungsträger erzeugt werden.

30 Fig. 7 zeigt eine besondere Ausführung und Verbindung photonischer Mischelemente, bei der gegenüber der in Fig. 1 die beiden Modulationsphotogates jeweils nur durch ein gemeinsames Akkumulationsgate  $G_{s,n}$  getrennt sind, wodurch ein höherer Füllwirkungsgrad erreicht wird. Auch hier ist eine Abschattung 12 der Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  vorgesehen. Dabei wechselt die Polarität der Gegentakt-

35

modulationsspannungen bzw. die Reihenfolge von  $G_{am,n}$  und  $G_{bm,n}$  von Pixel zu Pixel. Diese Dreierperiode der Gates eignet sich zugleich zum direkten Auslesen durch einen Betrieb als Drei-Phasen-Schieberegister. Ein in bestimmten Anwendungen tolerierbarer Nachteil liegt in der Ladungsverteilung auch auf die jeweils benachbarten Pixel, die zu einer scheinbaren Pixelvergrößerung und geringerer Ortsauflösung in der betreffenden Richtung führt.

Eine Berechnung dieser Zusammenhänge ergibt, daß gegenüber einer 100%-Nutzladung bei der Auswertung der Ladungsdifferenzen das zentrale, betrachtete Pixel nur 50% erhält und die beiden Nachbarpixel jeweils 25 % erhalten.

Zur Veranschaulichung der Ladungsverteilung sind in Fig. 7 analog zu Fig. 1 die verschiedenen Phasen der Potentialverteilung für CW-Modulation dargestellt.

- 15 In Fig. 8 ist eine weitere vorteilhafte Ausführung des Designs eines Pixels eines photonischen Mischelementes dargestellt, das bei CW-Modulation keine IQ (Inphase, Quadraturphase)-Umschaltung zwischen den I- und Q-Zuständen benötigt. Anstelle des zuvor beschriebenen Zweifachpixels wird ein Vierfachpixel mit den Modulationsphotogates  $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ,  $G_{cm}$  und  $G_{dm}$  sowie den zugehörigen Akkumulationsgates  $G_a$ ,  $G_b$ ,  $G_c$  und  $G_d$  vorgeschlagen, das die Korrelation gleichzeitig für vier Phasenlagen ermöglicht, da die Gegentakt-Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  bzw.  $U_{cm}(t)$  und  $U_{dm}(t)$ , insbesondere bei HF-Modulation um  $90^\circ$ , gegeneinander verschoben sind.
- 20
- 25 In orthogonaler Anordnung zu den beschriebenen Modulationsphotogates  $G_{am}$  mit  $\varphi_{am} = 0^\circ$  und  $G_{bm}$  mit  $\varphi_{bm} = 180^\circ$  befinden sich daher zwei weitere innerhalb des Pixels symmetrisch integrierte Modulationsphotogates  $G_{cm}$  mit  $\varphi_{cm} = 90^\circ$  und  $G_{dm}$  mit  $\varphi_{dm} = 270^\circ$ , die nach dem gleichen Prinzip arbeiten. Auf diese Weise entsteht eine Vierphasen-
- 30 Ladungsakkumulation mit den Einzelladungen  $q_a$ ,  $q_b$ ,  $q_c$  und  $q_d$  unter den zugehörigen Akkumulationsgates  $G_a$ ,  $G_b$ ,  $G_c$  und  $G_d$  oder in der zugehörigen Ausleseelektronik, wobei mittels einer einfachen arithmetischen Operation die zugehörige Phase  $\varphi_{opt}$  folgendermaßen direkt berechnet wird:

$$\varphi_{ap} = \arctan \frac{q_c - q_d}{q_a - q_b} \quad (10)$$

Für die einfache Grauwertbestimmung eines einzelnen Pixels werden die Einzelladungen aller Akkumulationsgates eines Pixels aufsummiert:  $q_{\text{Pixel}} = q_a + q_b + q_c + q_d$ . Der Ausleseprozeß der jeweils vier Ladungen wird in diesem Fall zweckmäßig durch ein aktives Pixel-Design in CMOS-Technik mit pixelweise integrierter Signalvorverarbeitung durchgeführt.

Fig. 9 zeigt ebenso wie Fig. 8 ein Vierfachpixel eines photonischen Mischelementes, allerdings mit einem entsprechend Fig. 6 geglättetem Potentialgefälle mit Hilfe des zentralen, vorzugsweise auf dem Potential  $U_0$  liegenden quadratischen mittleren Gate  $G_0$ .

Fig. 14 zeigt ebenso wie Fig. 9 ein Vierfachpixel eines photonischen Mischelementes mit einer für digitale Modulationssignale optimierten Struktur. Das zwischen den vorzugsweise quadratischen Modulationsphotogates angeordnete mittlere Gate  $G_0$  dient ähnlich wie in Fig. 9 der Glättung des durch die Modulationsphotogatespannung erzeugten Potentialgefälles.

Fig. 13 zeigt schließlich eine weitere bevorzugte Ausführungsform eines Pixels 1, das im Gegensatz zu den zuvor aufgezeigten Ausführungsbeispielen nicht in CCD-Technologie, sondern in CMOS-Technologie mit pixelweiser Auslese- und Signalvorverarbeitungselektronik realisiert ist. Die Funktionsweise des modulationsspannungsabhängigen Driftens der Ladungsträger auf der Ladungsschaukel ist dabei dieselbe wie bei den zuvor aufgezeigten Ausführungsbeispielen. Unterschiedlich ist bei dem in Fig. 13 dargestellten Ausführungsbeispiel lediglich die Art der Weiterverarbeitung der zu den Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  gedrifteten Ladungen  $q_a$  und  $q_b$ .

Die Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  sind im vorliegenden Ausführungsbeispiel als gesperrte pn-Dioden ausgebildet. Auf einem vorzugsweise schwach dotierten p-Si-Substrat 3 in Fig. 13 werden die positiv vorgespannten Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  durch  $n_+$ -dotierte Elektroden gebildet. Im sog. "Floating-Diffusion"-Betrieb bzw. im

35

hochohmigen Spannungsauslesemodus werden wie bei der CCD-Technologie die Ladungen  $q_a$  und  $q_b$  auf den Kapazitäten der Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  integriert und als Spannungswerte hochohmig ausgelesen.

- 5 In vorteilhafter Weise kann auch ein Stromauslesemodus eingesetzt werden, bei dem die photogenerierten Ladungsträger nicht im Potentialtopf integriert, sondern fortlaufend über eine Ausgangsdiffusion über an die Akkumulationsgates  $G_a$  bzw.  $G_b$  angeschlossene, geeignete Stromausleseschaltungen weitergeleitet werden. Anschließend werden  
10 diese Ladungen bspw. jeweils auf einer externen Kapazität integriert.

- Durch eine Ausleseschaltung im Stromauslesemodus, der durch Verstärkerrückkopplung die Akkumulationsgatespannung virtuell konstant hält, wird in vorteilhafter Weise vermieden, daß bei einer intensiven Bestrahlung des Pixels die Menge der angesammelten Ladungen  
15  $q_a$  und  $q_b$  zu einer Rückwirkung oder gar zu einem Überlaufen des Potentialtopfes führt. Die Dynamik des photonischen Mischelementes wird dadurch erheblich verbessert. Auch hierbei wird durch die genannte Technik eines Schwach dotieren n-Kanals ("Buried Layer") unter der Isolierschicht der Modulationsgates Verbesserungen, u.a. eine  
20 Steigerung der Grenzfrequenz erzielt.

- Die Ausgestaltung des photonischen Mischelementes in CMOS-Technologie ermöglicht weiterhin die Anwendung eines Aktiv-Pixel-Designs (APS), mit dem zu jedem Pixel eine Auslese- und Signalvorverarbeitungsschaltung in das photonische Mischelement integriert werden  
25 kann. Somit ist eine Vorverarbeitung der elektrischen Signale direkt am Pixel möglich, bevor die Signale an eine externe Schaltung weitergeleitet werden. Insbesondere kann somit die Phasen- und Amplitudeninformation direkt auf dem Chip berechnet werden, so daß sich die Meßrate weiter erhöhen läßt.

- 30 In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird ein vorzugsweise zweidimensionales photonisches Mischelementarray für eine dreidimensionale elektronische Objektsuche und -verfolgung passiv oder aktiv leuchtender Objekte nach verschiedenen Kriterien, wie z.B. Objektform, -position, -farbe, -polarisation, -geschwindigkeitsvektor,



5 -helligkeit oder einer Kombination von Objekteigenschaften verwendet. Wird z.B. beim Durchlaufen verschiedener Modulationssignale (z.B. Frequenz- oder Codeänderung) bei der 3D-Vermessung einer einfallenden Lichtwelle, die zunächst unbekannt sein kann, eine örtliche Korrelation durch das Kriterium von Differenzdriftströmen ungleich Null gefunden, so kann danach fortlaufend dieser Objektbereich gezielt bezüglich der genannten Objekteigenschaften vermessen und ggfs. bei Veränderungen über eine Regelschleife, die insbesondere die Bildtiefe mit einschließt, verfolgt werden.

10 Das photonische Mischelement wird in verschiedenen Betriebsweisen eingesetzt, die im folgenden dargestellt werden.

15 Die Summenladung an den Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  interessiert hierbei weniger, da sie immer der Gesamtintensität der einfallenden Lichtwellen entspricht,  $q_a + q_b = \text{const.} \cdot P_{\text{opt,ges}} \cdot T$  mit  $T$  = Integrationszeit.

Die Differenzladung  $\Delta q_{ab} = q_a - q_b = \bar{i}_a \cdot T - \bar{i}_b \cdot T$  hängt von mehreren Faktoren ab und kann in mehrfacher Weise zur Vermessung der einfallenden Lichtwelle genutzt werden. Dazu wird eine immer vorhandene Grundhelligkeit  $P_0 \geq P_m$  (s. Fig. 3a) berücksichtigt.

20 Wahlweise wird z.B. bei einer Vermessung eines durch einen Sender 4 mit modulierte Licht beleuchteten Objekts 6 die Sendeleistung ein- oder ausgeschaltet und damit wird  $P_m$  endlich oder gleich Null. Gleichzeitig wird wahlweise die Modulationsspannung  $U_m(t)$  entweder zu Null oder auf den im Sender verwendeten oder im einfallenden Licht enthaltenen Verlauf oder auf eine während der Integrationszeit konstante Spannung  $U_{m0}$  geschaltet.

Damit ergeben sich mit  $P_0 \neq 0$  vier wichtige Betriebsweisen:

1.)  $\Delta q_{ab} = 0$  für  $P_m = 0$  und  $U_m = 0$ .

2.)  $\Delta q_{ab} = 0$  bei endlichem  $P_m$  und mit  $U_m(t)$  als HF-Modulationssignal.

30 3.) Mit endlichem  $P_m$  und einer hochfrequenten Modulationsspannung ist  $\Delta q_{ab}$  eine Funktion von  $U_m(t)$ , von der relativen Modulati-



37

onslaufzeitverschiebung  $\tau$  und von dem einfallenden, derart modulierten Lichtleistungsanteil  $P_m(t)$ .

- 4.) Besteht während einer Integrationszeit  $T$  eine einfallende mittlere Lichtintensität  $P_0$  und eine konstante Modulationsspannung  $U_{m0}$ , so ist die Differenzladung  $\Delta q_{ab}$  eine Funktion von  $U_{m0}$  und der mittleren Lichtleistung  $P_0$ .

Bei Lichtwellen, die nicht intensitätsmoduliert sind, wird in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung das photonische Mischelement entsprechend dem vierten Fall einer möglichen Betriebsweise z.B. für die 2D-Bildverarbeitung eingesetzt.

Dabei ist jedes Mischelement gezielt und unabhängig voneinander ansteuerbar, z.B. durch pixelweise Zuordnung je eines schnell überschreibbaren Modulationsspannungswortes für  $U_{m0}$  vorzugsweise mittels eines RAM-Bausteins. Ausgewertet werden vorzugsweise nur die näherungsweise zu  $U_{m0}$  proportionalen Differenzdriftströme  $\Delta \bar{i}_{ab}$  bzw. Differenzladungen  $T \cdot \Delta \bar{i}_{ab}$ . Die Modulationsspannung  $U_{m0}$  wird dabei jeweils von dem Modulationsspannungswort abgeleitet.

Damit wird  $U_m(t)$  nicht mehr periodisch oder quasi-periodisch wie in den vorangehenden Anwendungsbeispielen, sondern aperiodisch z.B. gemäß einem vorgegebenen oder gemäß dem gemessenen Bildinhalt eingestellt. Für  $U_m(t)=0$  ergeben sich alle Differenzströme zu Null, so daß das zugehörige Differenzbild  $D(x,y)$  ebenfalls mit der Amplitude bzw. Intensität Null erscheint.

Die Differenzbildhelligkeit kann somit gezielt durch Variation von  $U_m(x,y,t)$  beeinflusst werden. Damit können erfindungsgemäß beliebige, also auch unmodulierte Lichtwellen bzw. Bilder über eine extrem schnell einstellbare Gewichtsfunktion  $G(x,y,t)=k_1 \cdot U_m(x,y,t)$  z.B. über die genannten steuerbaren, pixelweise zugeordneten Speicherzellen einer vielseitigen Bildverarbeitung erschlossen werden, wie z.B. die zuvor aufgeführten Anwendungen zur Objektsuche und -verfolgung, allerdings hierbei ohne den Aspekt der Tiefeninformation.

1. Verfahren zur Bestimmung der Phasen- und/oder Amplitudeninformation einer elektromagnetischen Welle

- bei dem eine elektromagnetische Welle auf die Oberfläche eines mindestens ein Pixel aufweisenden photonischen Mischelementes eingestrahlt wird, wobei das Pixel mindestens zwei lichtempfindliche Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  und zugeordnete Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  aufweist,

- bei dem an die Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  angelegt werden, die als  $U_{am}(t)=U_o+U_m(t)$  und  $U_{bm}(t)=U_o-U_m(t)$  ausgestaltet sind,

- bei dem an die Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  eine Gleichspannung angelegt wird, deren Betrag mindestens so groß wie der Betrag der Summe aus  $U_o$  und der Amplitude der Modulationsspannung  $U_m(t)$  ist,

- bei dem die in der Raumladungszone der Modulationsphotogates  $G_{am}$  und  $G_{bm}$  von der einfallenden elektromagnetischen Welle erzeugten Ladungsträger in Abhängigkeit von der Polarität der Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  dem Potentialgefälle eines Driftfeldes ausgesetzt werden und zum entsprechenden Akkumulationsgate  $G_a$  oder  $G_b$  driften und

- bei dem die jeweils zu den Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  gedrifteten Ladungen  $q_a$  und  $q_b$  abgeleitet werden.

## 2. Verfahren nach Anspruch 1,

- bei dem von einem Sender eine intensitätsmodulierte elektromagnetische Welle abgestrahlt wird,

- bei dem die von einem Objekt reflektierte elektromagnetische Welle auf die Oberfläche des photonischen Mischelementes eingestrahlt wird,

- bei dem die Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  mit der Phase der vom Sender abgestrahlten elektromagnetischen Welle in fester Phasenbeziehung stehen und

- bei dem die erzeugten Ladungsträger zusätzlich in Abhängigkeit von der Phase der Gegentakt-Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  dem Potentialgefälle eines Driftfeldes ausgesetzt werden.

## 3. Verfahren nach Anspruch 2,

- bei dem für zwei verschiedene Phasenverschiebungen  $\Delta\phi_1$  und  $\Delta\phi_2$  der Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  relativ zur Phase der vom Sender abgestrahlten elektromagnetischen Welle die Ladungen  $q_{a1}$  und  $q_{b1}$  sowie  $q_{a2}$  und  $q_{b2}$  abgeleitet und die Ladungsdifferenzen  $(q_{a1} - q_{b1})$  und  $(q_{a2} - q_{b2})$  gebildet werden und

- bei dem nach der Gleichung

$$\varphi_{opt} = \frac{q_{a2} - q_{b2}}{q_{a1} - q_{b1}}$$

die Pixelphase  $\varphi_{opt}$  der einfallenden elektromagnetischen Welle relativ zur Phase der vom Sender abgestrahlten elektromagnetischen Welle

40

und somit die Laufzeit der vom Pixel empfangenen elektromagnetischen Welle bestimmt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,

5

10

- bei dem mit Hilfe von vier Modulationsphotogates  $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ,  $G_{cm}$  und  $G_{dm}$  und von vier zugeordneten Akkumulationsgates  $G_a$ ,  $G_b$ ,  $G_c$  und  $G_d$ , für zwei verschiedene Phasenverschiebungen  $\Delta\varphi_1$  und  $\varphi_2$  der Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t) = U_o + U_{m1}(t)$  und  $U_{bm}(t) = U_o - U_{m1}(t)$  sowie  $U_{cm}(t) = U_1 + U_{m2}(t)$  und  $U_{dm}(t) = U_1 - U_{m2}(t)$  relativ zur Phase der vom Sender abgestrahlten elektromagnetischen Welle gleichzeitig die Ladungen  $q_a$ ,  $q_b$ ,  $q_c$  und  $q_d$  getrennt und abgeleitet werden und

15

- bei dem nach der Gleichung

$$\varphi_{opt} = \frac{q_c - q_d}{q_a - q_b}$$

die Pixelphase  $\varphi_{opt}$  der vom Sender abgestrahlten elektromagnetischen Welle und somit die Laufzeit der vom Pixel empfangenen elektromagnetischen Welle bestimmt wird.

20

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche,

- bei dem das photonische Mischelement eine Mehrzahl von Pixeln aufweist,

25

- bei dem mindestens ein Pixel mit einem Teil der intensitätsmodulierten elektromagnetischen Welle vom Sender direkt bestrahlt wird und

41

- bei dem aus der mit diesem Pixel gemessenen Phasenverschiebung eine Kalibrierung der Phasenverschiebung zwischen der abgestrahlten elektromagnetischen Welle und den Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  durchgeführt wird.

5

6. Verfahren nach Anspruch 1,

- bei dem eine elektromagnetische Welle mit fremderregter unbekannter Intensitätsmodulation auf die Oberfläche des photonischen Mischelementes eingestrahlt wird,

10

- bei dem die Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  von einem durchstimbaren Modulationsgenerator erzeugt werden,

15

- bei dem die erzeugten Ladungsträger zusätzlich in Abhängigkeit von der Phase der Gegentakt-Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  und  $U_{bm}(t)$  dem Potentialgefälle eines Driftfeldes ausgesetzt werden und

20

- bei dem das photonische Mischelement und der Modulationsgenerator mindestens einen Phasenregelkreis bilden und die elektromagnetische Welle nach der Lock-in-Methode vermessen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem als periodische Modulation eine kontinuierliche oder diskontinuierliche HF-Modulation, eine Pseudo-Rausch-Modulation oder eine Chirp-Modulation verwendet wird.

25

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Modulation eine HF-Modulation ist und vorzugsweise die Ladungen  $q_a$  und  $q_b$  und ggfs.  $q_c$  und  $q_d$  für die Phasenverschiebungen  $\Delta\varphi = 0^\circ/180^\circ$  und  $90^\circ/270^\circ$  abgeleitet

30

werden.

- 5
9. Verfahren nach Anspruch 1, bei welchem eine stationäre Modulation mit Modulationsphotogatespannungen  $U_{am} = U_0 + U_{m0}$  und  $U_{bm} = U_0 - U_{m0}$  mit einer zeitweise konstanten, einstellbaren Modulationsgleichspannung  $U_{m0}$ , mit der das Differenzbild aus der Differenz der Ladungen  $q_a$  und  $q_b$  gezielt gewichtet wird, verwendet wird.
- 10
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Ladungen  $q_a$  und  $q_b$  unterhalb der Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  integriert werden und mit einer Multiplexstruktur, vorzugsweise mit einer CCD-Struktur, ausgelesen werden.
- 15
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Akkumulationsgates  $G_a$  und  $G_b$  als pn-Dioden, vorzugsweise als gesperrte kapazitätsarme pn-Dioden und vorzugsweise in CMOS-Technologie, ausgebildet sind und bei dem die Ladungen  $q_a$  und  $q_b$  und gegebenenfalls  $q_c$  und  $q_d$  direkt als Spannung oder als Strom ausgelesen werden.
- 20
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei welchem die Pixelphase bzw. die Pixellaufzeit und die Pixelhelligkeit direkt mit Hilfe einer Aktiv-Pixel-Sensor-Struktur (APS) ermittelt und vorzugsweise über eine On-Chip-Multiplexstruktur wahlfrei und/oder seriell ausgelesen werden.
- 25
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei welchem die Pixelhelligkeit jeweils als Summe der Ladungen der zugehörigen Akkumulationsgates als Grauwertbild ausgewertet wird.
- 30
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß im Falle einer Hintergrundbeleuchtung bzw. einer

43

externen, nicht modulierten Zusatzbeleuchtung die Differenz der Grauwertbilder einerseits bei eingeschalteter und andererseits bei ausgeschalteter modulierter Beleuchtung als Korrekturgröße verwendet wird.

5

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere separate Mischelemente in einer linearen, flächigen oder räumlichen Feldanordnung verwendet werden.

10

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Pixel direkt mit einem Teil der als Beleuchtung dienenden, intensitätsmodulierten elektromagnetischen Welle bestrahlt wird und daß die Messung an diesem mindestens einen Pixel zum Kalibrieren der übrigen Phasen und Helligkeitsergebnisse verwendet wird, wobei vorzugsweise das bzw. die Referenzpixel vom Sender mit unterschiedlichen bzw. unterschiedlich einstellbaren Intensitäten beaufschlagt werden.

15

17. Photonisches Mischelement

20

- mit mindestens einem Pixel (1),
- das mindestens zwei lichtempfindliche Modulationsphotogates ( $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ) und
- den Modulationsphotogates ( $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ) zugeordnete, gegenüber der einfallenden elektromagnetischen Welle abgeschattete Akkumulationsgates ( $G_a$ ,  $G_b$ ) aufweist.

25

30

18. Mischelement nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Modulationsphotogates ( $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ) ein mittleres Gate ( $G_0$ ) angeordnet ist.
- 5 19. Mischelement nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Pixel (1) vier, vorzugsweise symmetrisch angeordnete, Modulationsphotogates ( $G_{am}$ ,  $G_{bm}$ ,  $G_{cm}$ ,  $G_{dm}$ ) und Akkumulationsgates ( $G_a$ ,  $G_b$ ,  $G_c$ ,  $G_d$ ) aufweist.
- 10 20. Mischelement nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Akkumulationsgates ( $G_a$ ,  $G_b$  und gegebenenfalls  $G_0$ ,  $G_d$ ) als pn-Dioden, vorzugsweise als gesperrte, kapazitätsarme pn-Dioden und vorzugsweise in CMOS-Technik ausgeführt, ausgebildet sind und die Ladungen  $q_a$ ,  $q_b$  und gegebenenfalls  $q_c$ ,  $q_d$  direkt als Spannung oder als Strom auslesbar sind.
- 15 21. Mischelement nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Erhöhung der maximalen Modulationsgeschwindigkeit das Pixel in GaAs-Technik, vorzugsweise in "Buried Channel"-Technik (zum Beispiel vergrabener n-Kanal) und mit integriertem Driftfeld ausgebildet ist.
- 20 22. Mischelement nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Pixel (1) als Aktiv-Pixel-Sensor-Struktur mit teilweise pixelbezogener Signalverarbeitung und teilweise Zeilen- oder gegebenenfalls matrixbezogener Signalverarbeitung ausgebildet ist.
- 25 23. Mischelement nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die Abschattung auch auf die Randbereiche der Modulationsphotogates ausgedehnt ist.
- 30



24. Mischelementanordnung mit mindestens zwei photonischen Mischelementen nach einem der Vorrichtungsansprüche 17 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die photonischen Mischelemente in einer eindimensionalen, zweidimensionalen oder dreidimensionalen Anordnung angeordnet sind.

25. Mischelementanordnung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils zwei benachbart angeordneten, unterschiedlichen Pixeln ( $n$ ,  $n+1$ ) zugeordnete Modulationsphotogates ( $G_{am,n}$ ,  $G_{am,n+1}$ ) bzw. ( $G_{bm,n}$ ,  $G_{bm,n+1}$ ) jeweils ein gemeinsames Akkumulationsgate ( $G_s$ ) aufweisen und daß die Modulationsphotogates ( $G_{am,n}$ ,  $G_{am,n+1}$ ) bzw. ( $G_{bm,n}$ ,  $G_{bm,n+1}$ ) jeweils von der gleichen Modulationsphotogatespannungen  $U_{am}(t)$  bzw.  $U_{bm}(t)$  beaufschlagt sind.

26. Mischelementanordnung nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß Einrichtungen für die direkte Bestrahlung mindestens eines Pixels (1) als Referenzpixel vorgesehen sind, durch welche ein Teil der von dem Sender ausgehenden intensitätsmodulierten elektromagnetischen Strahlung auf das bzw. die betreffende(n) Pixel gerichtet wird.

27. Mischelementanordnung nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen für die direkte Bestrahlung für eine räumliche und/oder zeitliche Änderung der Intensität der direkten Bestrahlung ausgerüstet sind.

28. Ein- oder mehrdimensionale Mischelementanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Pixel (1) in MOS-Technik auf einem Siliciumsubstrat (2) ausgeführt und mit einer Multiplexstruktur, vorzugsweise mit einer CCD-Struktur, auslesbar

sind.

5 29. Mischelementanordnung nach einem der Ansprüche 24 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mikrolinsenoptik vorgesehen ist, welche im wesentlichen für jedes für die Bildaufnahme verwendete Mischelement eine eigene Mikrolinse bereitstellt, durch welche die einfallende Strahlung auf einen zentralen Bereich des somit verkleinerbaren Mischelementes fokussiert wird.

10 30. Vorrichtung zur Bestimmung der Phaseninformation einer elektromagnetischen Welle

- mit mindestens einem photonischen Mischelement nach einem der Vorrichtungsansprüche 17 bis 23,

15 - mit einem Modulationsgenerator (10, 13),

- mit einem Sender (4), dessen abgestrahlte elektromagnetische Welle vom Modulationsgenerator (10, 13) in vorgegebener Weise intensitätsmoduliert ist,

20 - wobei die von einem Objekt (6) reflektierte elektromagnetische Welle auf die Oberfläche des photonischen Mischelementes einstrahlt und

25 - wobei der Modulationsgenerator (10, 13) das photonische Mischelement mit Modulationsspannungen  $U_m(t)$  versorgt, die in vorgegebener Phasenbeziehung zur Phase der abgestrahlten elektromagnetischen Welle des Senders stehen.

47

31. Vorrichtung nach dem vorangegangenen Vorrichtungsanspruch, dadurch gekennzeichnet, daß eine Optik (7) und eine Mischelementanordnung gegebenenfalls nach einem der Ansprüche 24 bis 29 vorgesehen sind, wobei die Optik (7) die reflektierte elektromagnetische Welle auf die Oberfläche des Mischelementes bzw. der Mischelementanordnung abbildet.
32. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß eine Mischelementanordnung mit zugehöriger Empfangsoptik, Auswerteelektronik und Signalverarbeitung für die Differenzsignale, Summensignale und zugehörigen Referenzsignale, mit einem digitalen Speicher für das Grauwertbild und das Laufzeit- bzw. Entfernungsbild, einem eine dreidimensionale Szene mit modulierten, elektromagnetischen Wellen beleuchtenden Sender, mit einer der Empfangsoptik entsprechenden, einstellbaren Sendeoptik unter Bildung einer digitalen 3D-Photokamera in Form einer kompakten Einheit vorgesehen sind.
33. Vorrichtung nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung einer digitalen, dreidimensional aufnehmenden Videokamera eine Mischelementanordnung mit zugehöriger Empfangsoptik, Auswerteelektronik und Signalverarbeitung für die Differenzsignale, die Summensignale und die zugehörigen Referenzsignale, ein digitaler Speicher für das Grauwertbild und das Laufzeit- bzw. Entfernungsbild, einem eine dreidimensionale Szene mit modulierten, elektromagnetischen Wellen beleuchtenden Sender und mit einer der Empfangsoptik entsprechenden, einstellbaren Sendeoptik vorgesehen sind, wobei weiterhin Speichereinrichtungen für die Speicherung von digitalen Bildfolgen vorgesehen sind.

48

34. Vorrichtung nach Anspruch 32 oder 33, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung von Farbbildern bzw. Farbauszügen der Sender Einrichtungen zur Aussendung von Lichtwellen in verschiedenen Spektralbereichen vorgesehen ist.

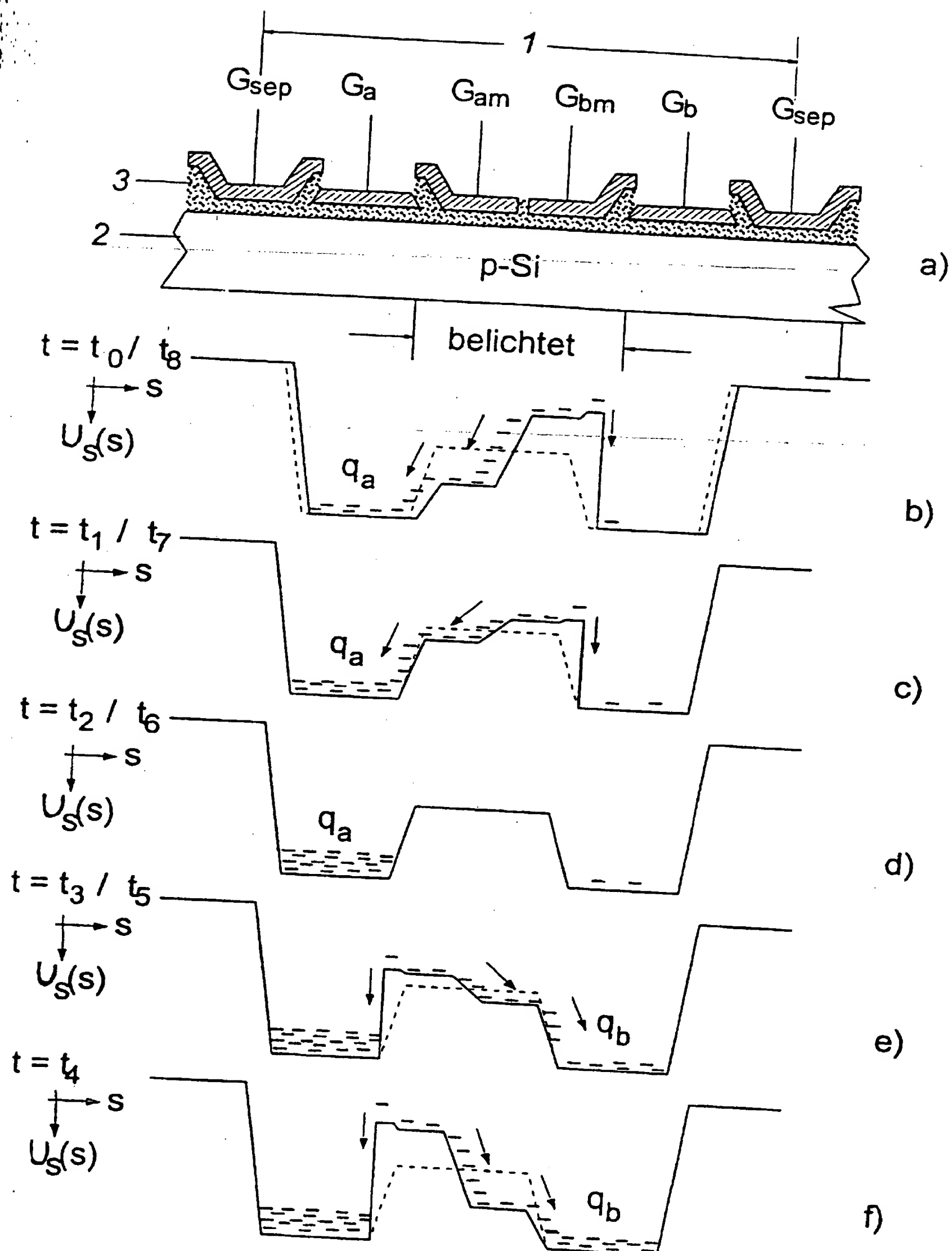


Fig. 1

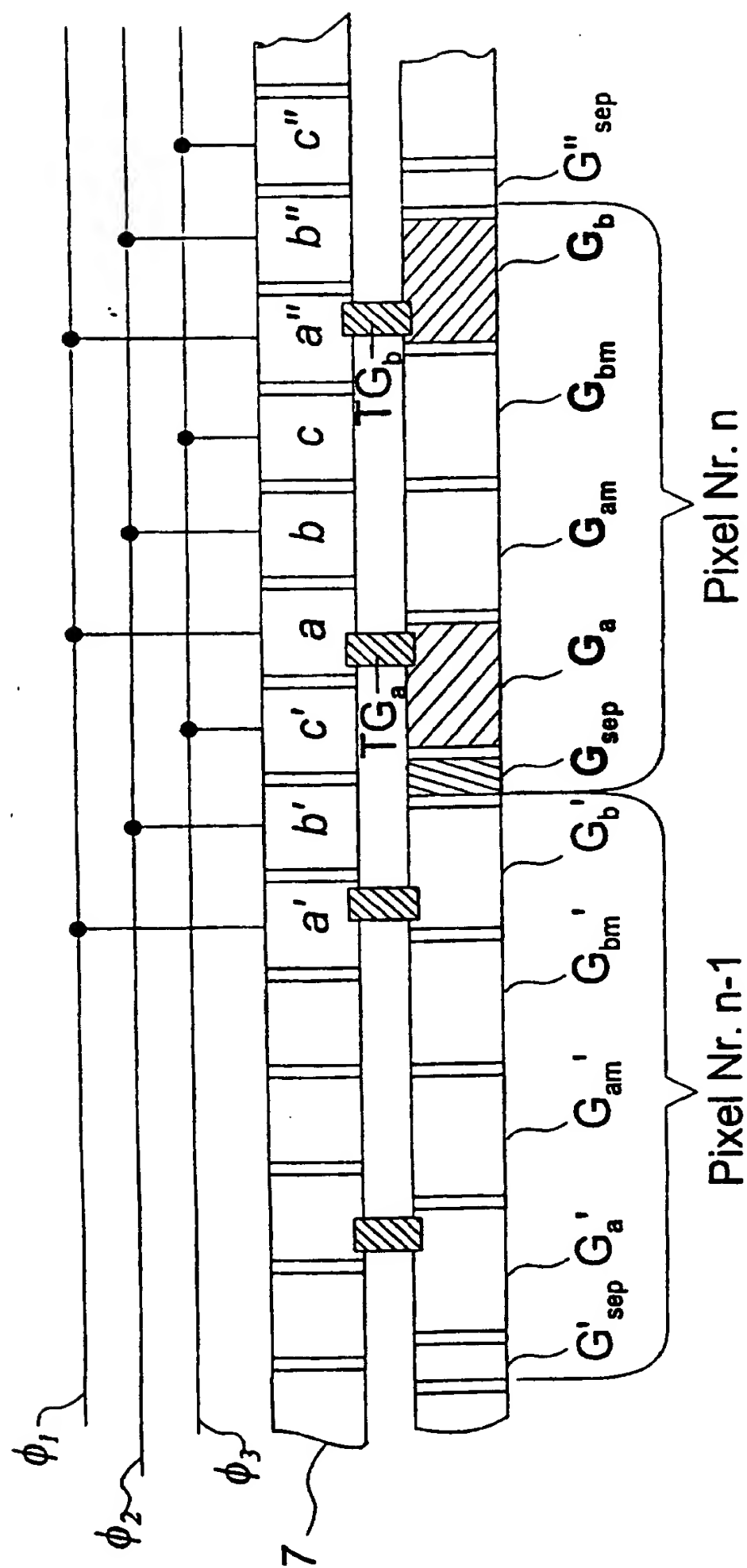


Fig. 2

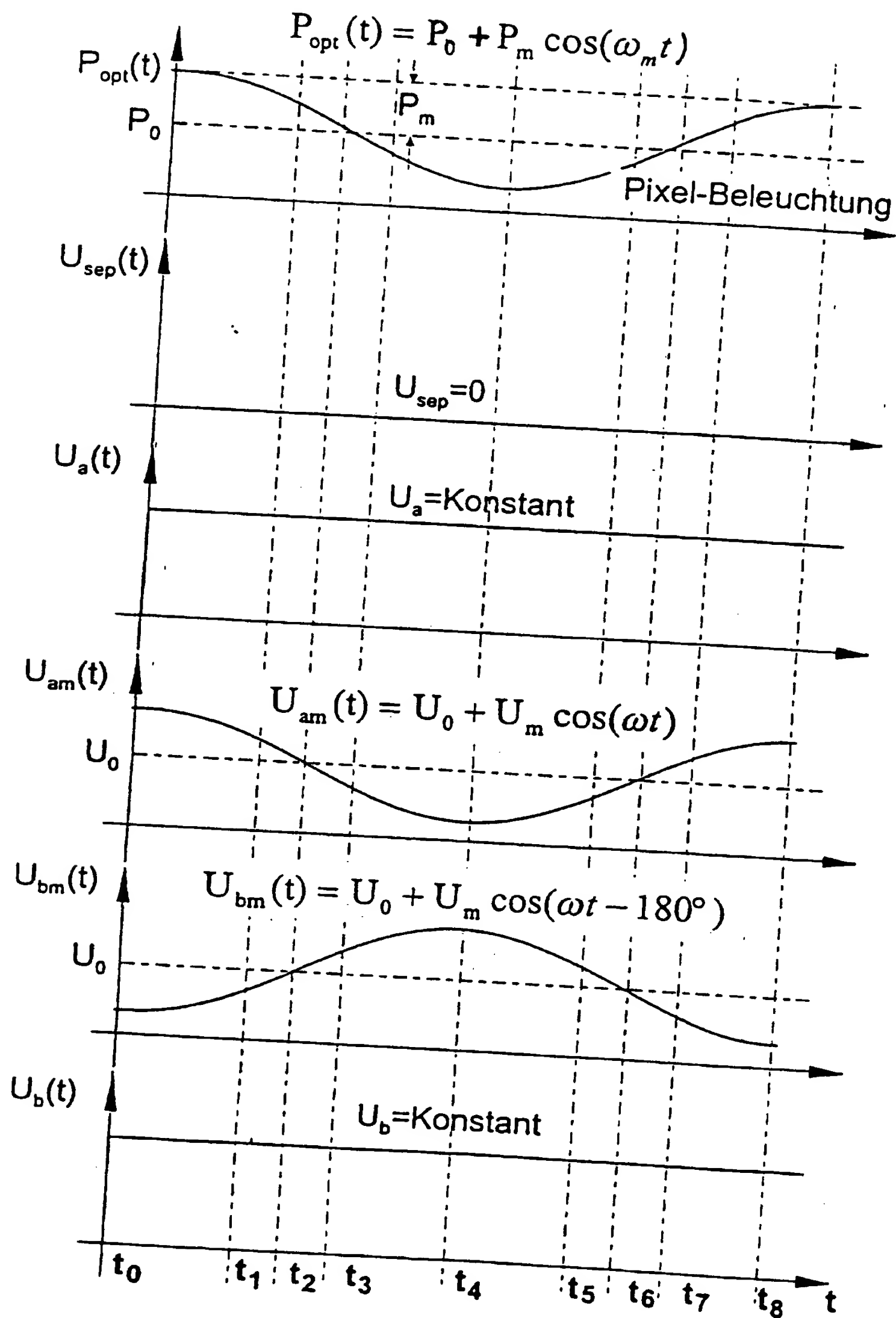
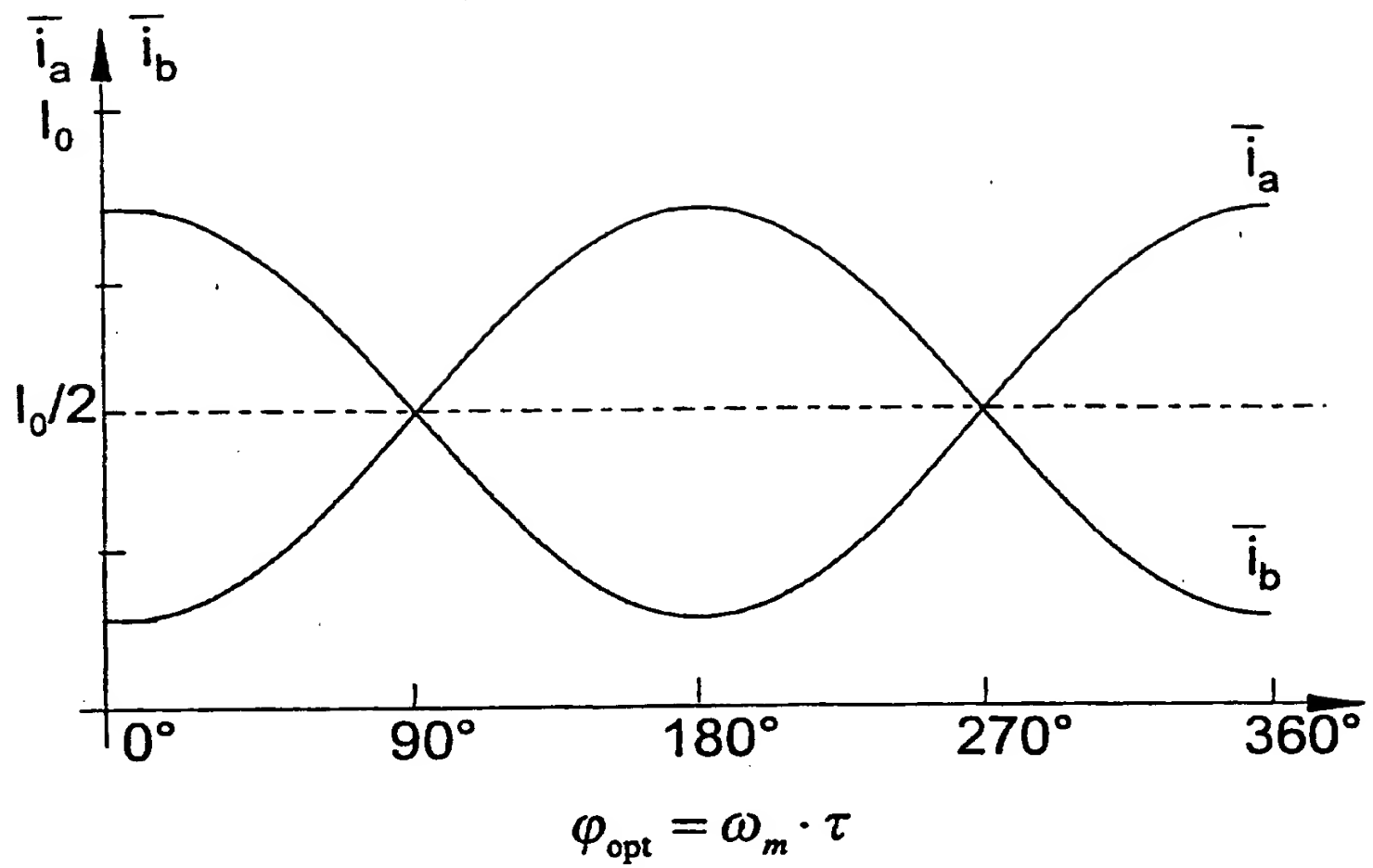
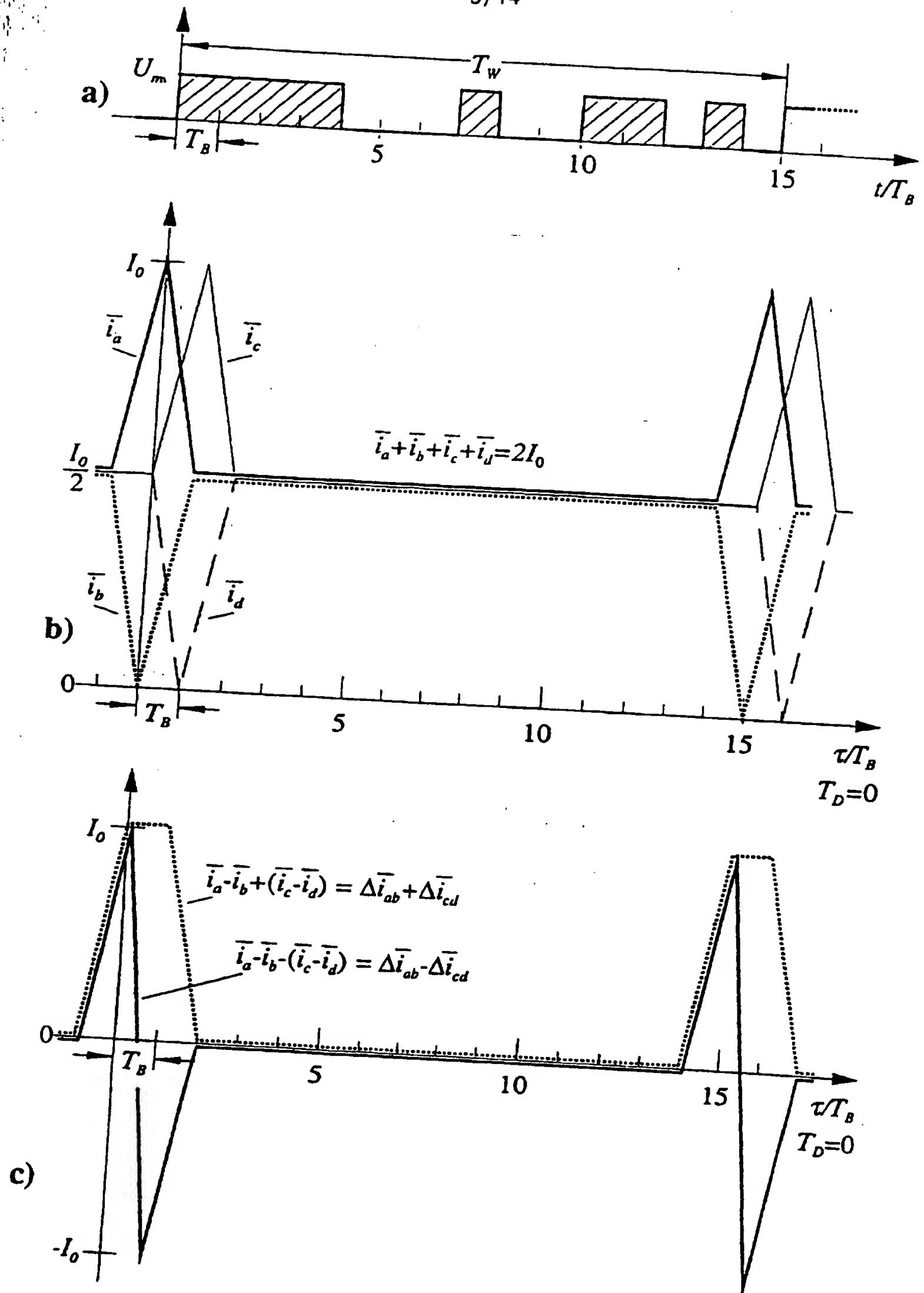


Fig. 3

**Fig. 4**



5/14



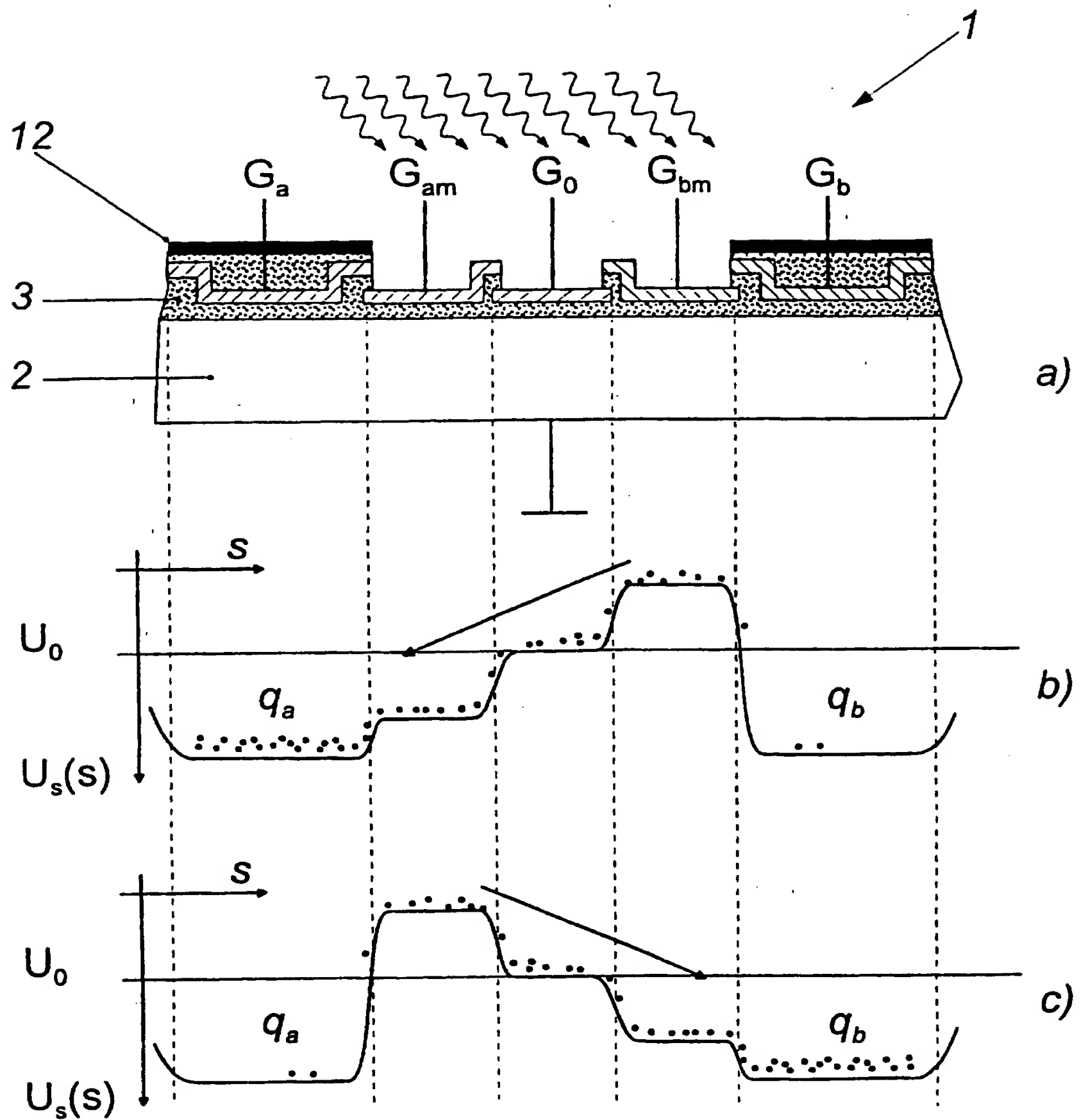
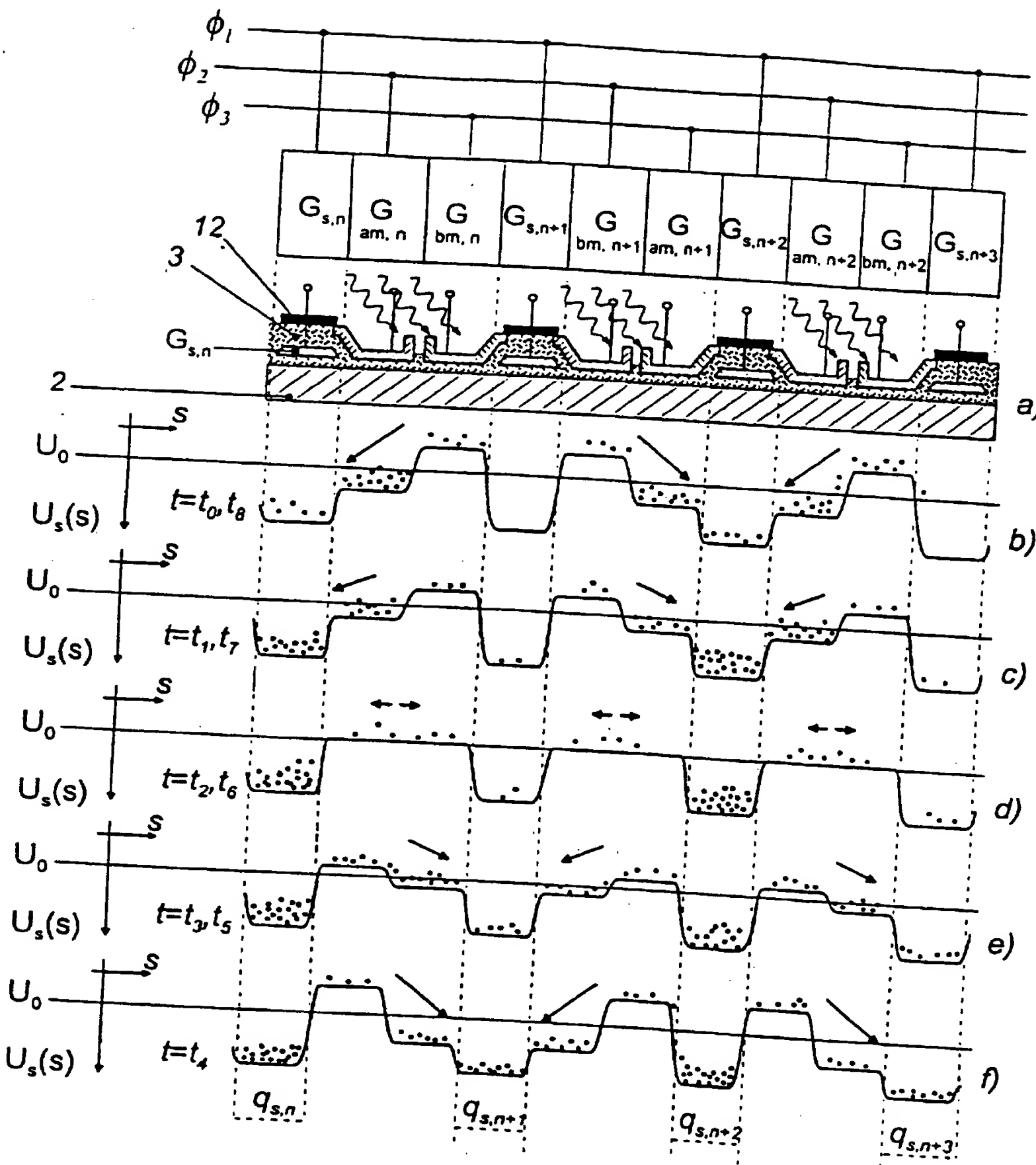


Fig. 6



**Fig. 7**

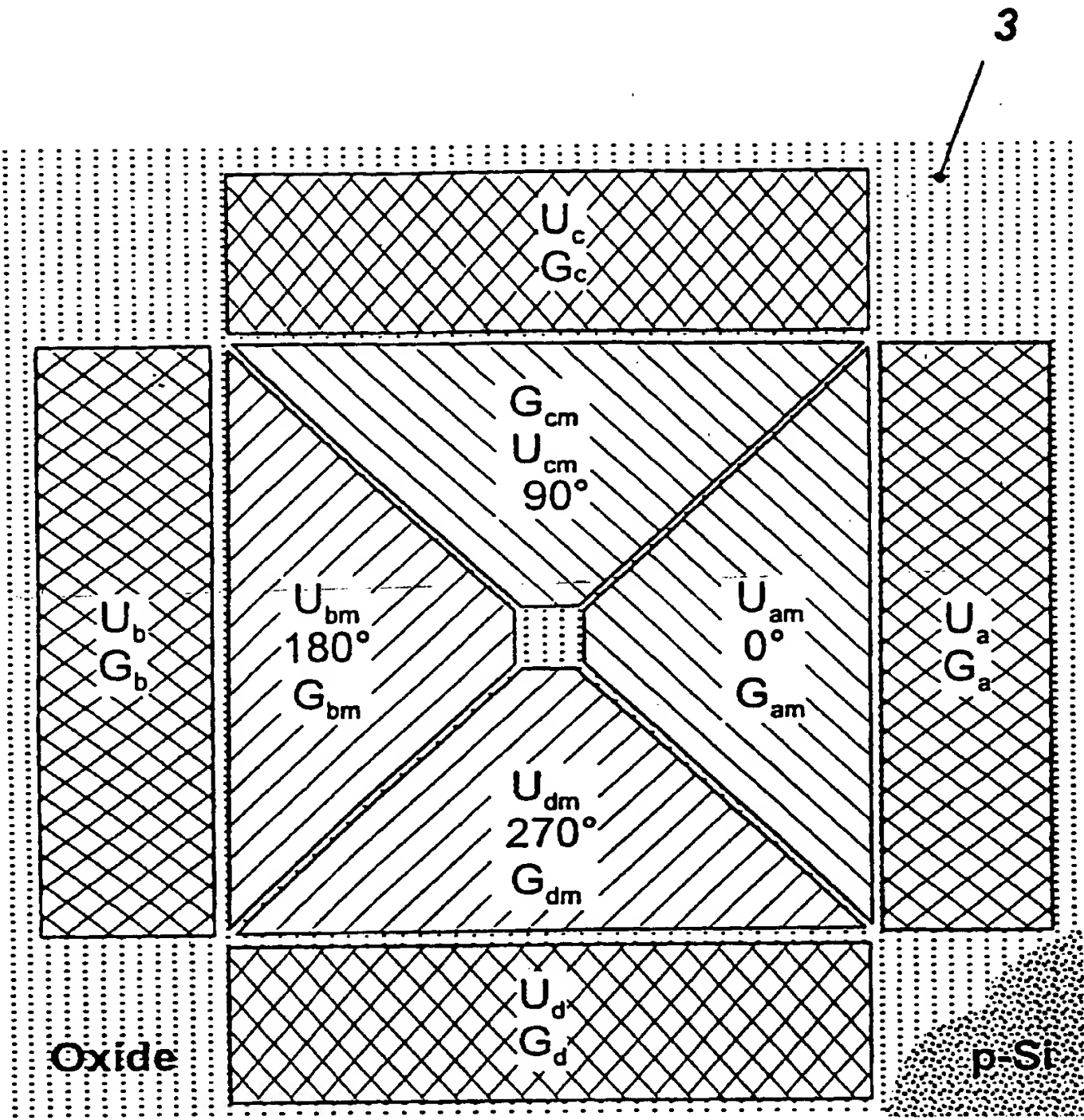


Fig. 8

9/14

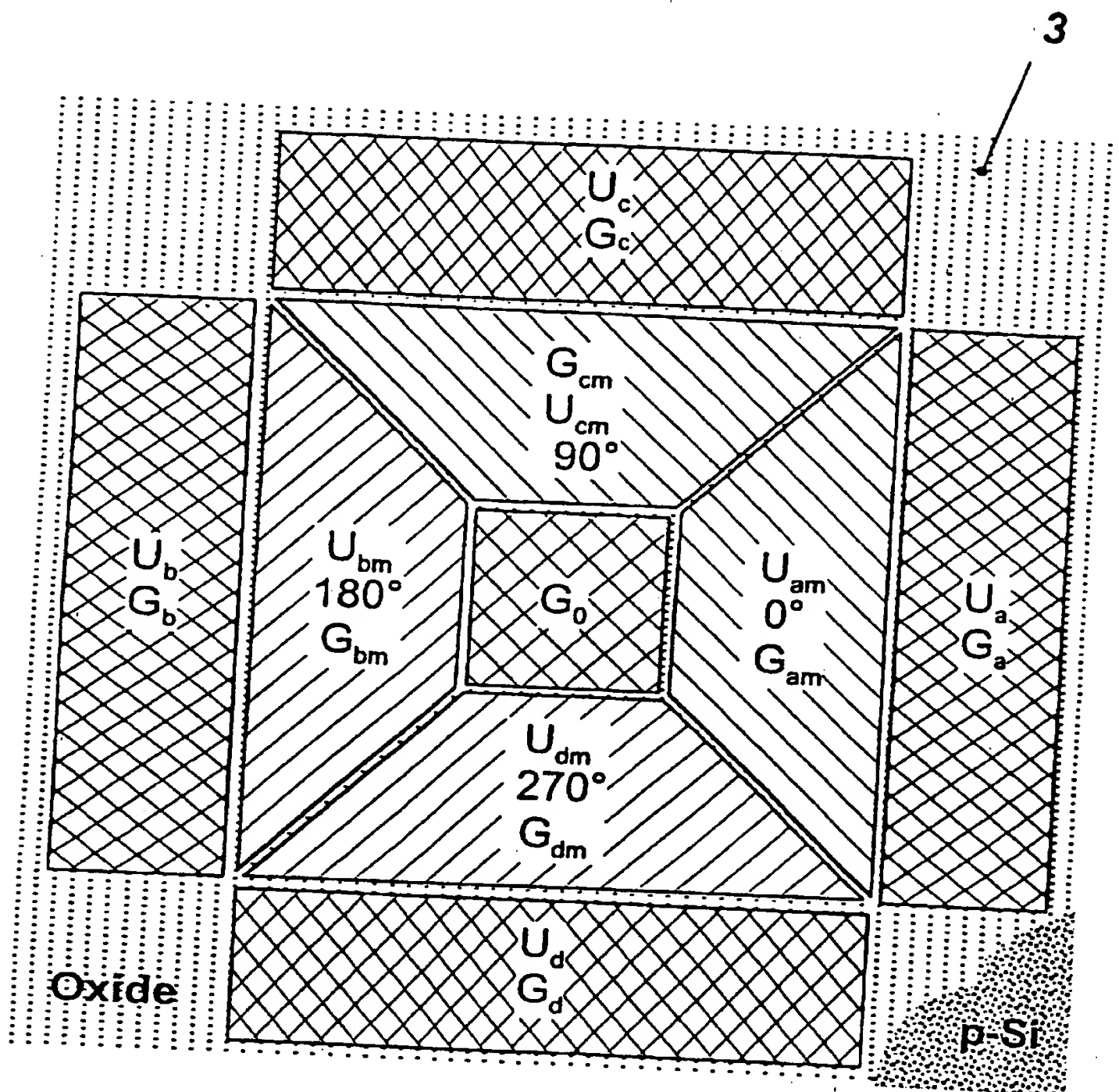


Fig. 9

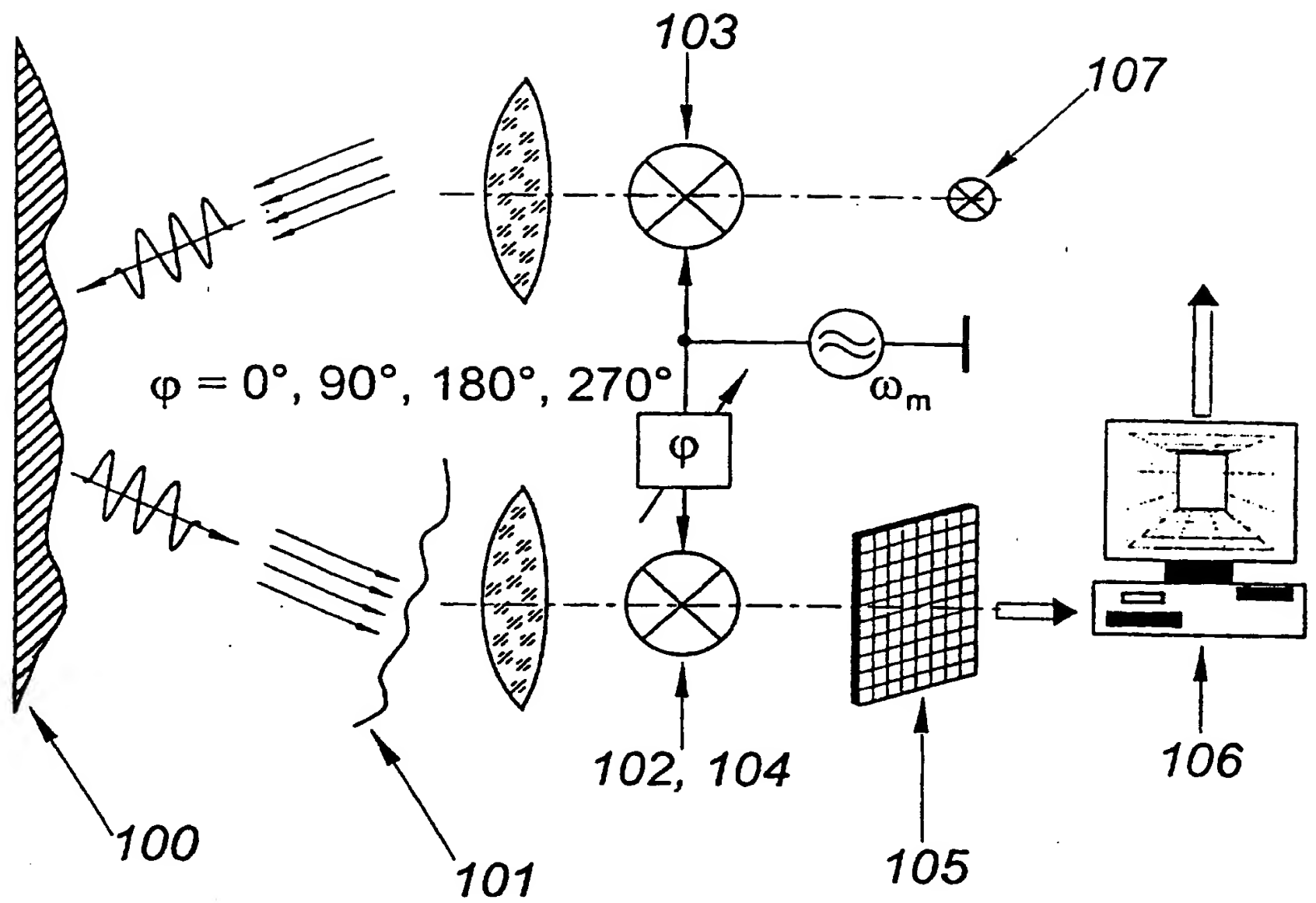


Fig. 10

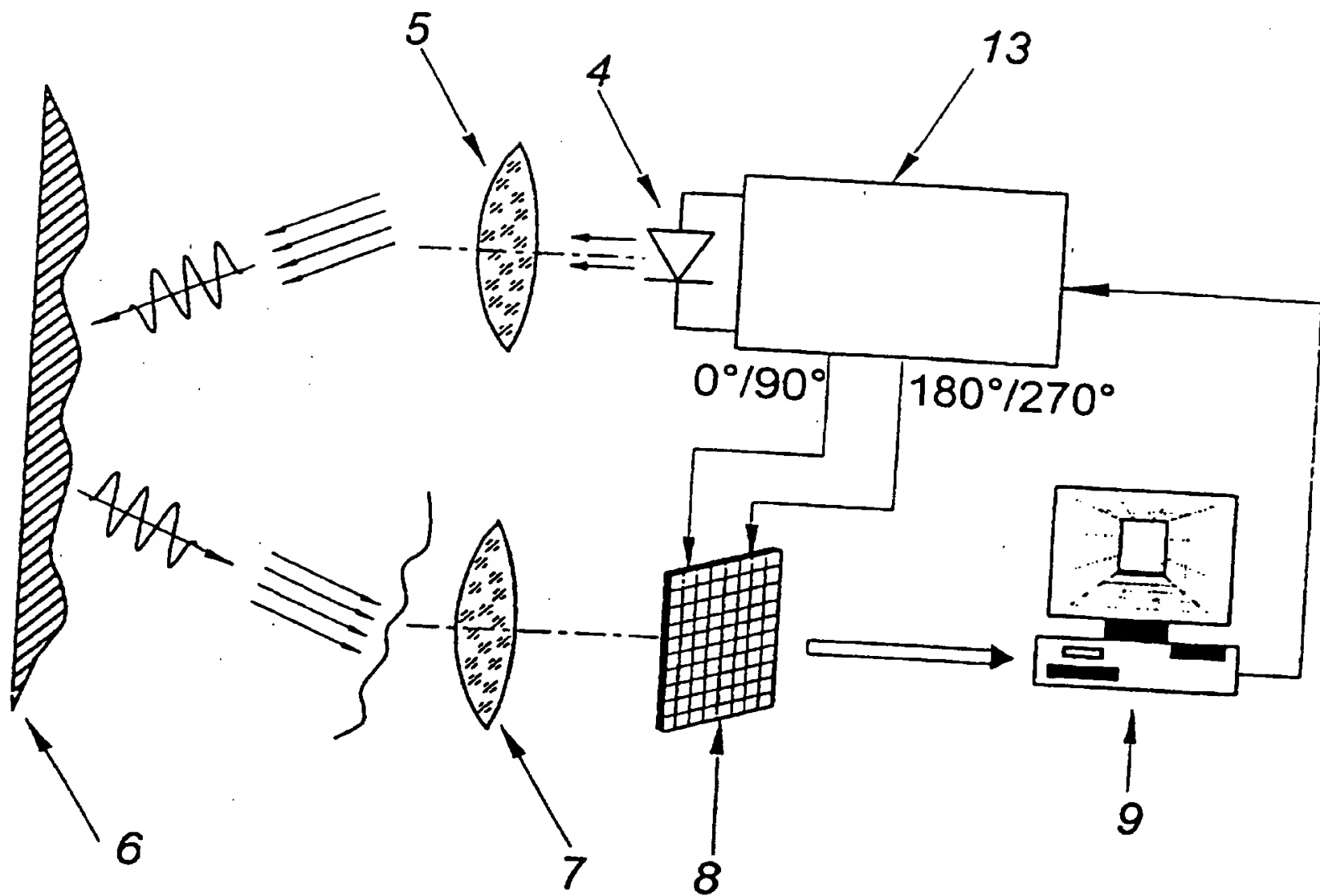


Fig. 11

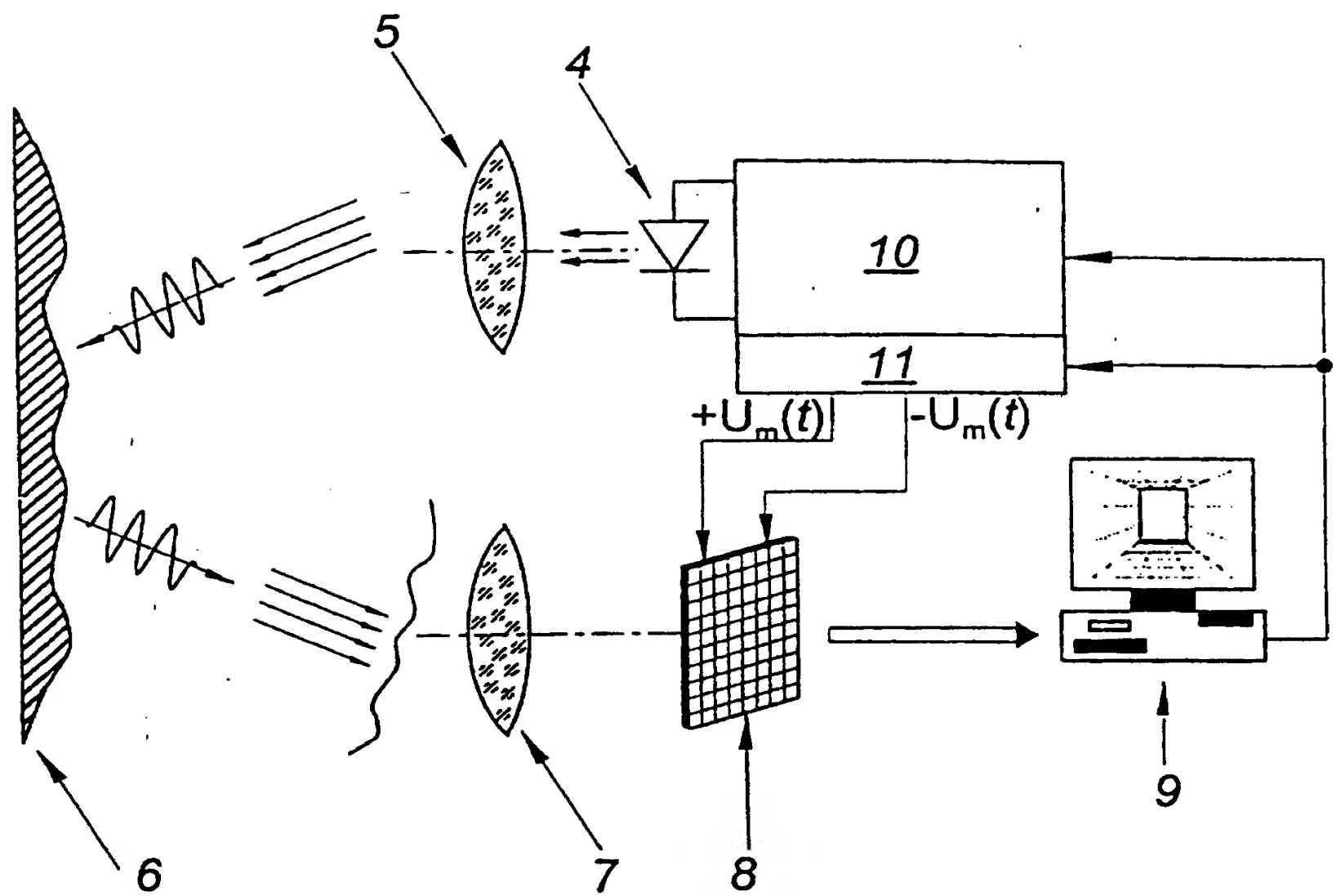


Fig. 12



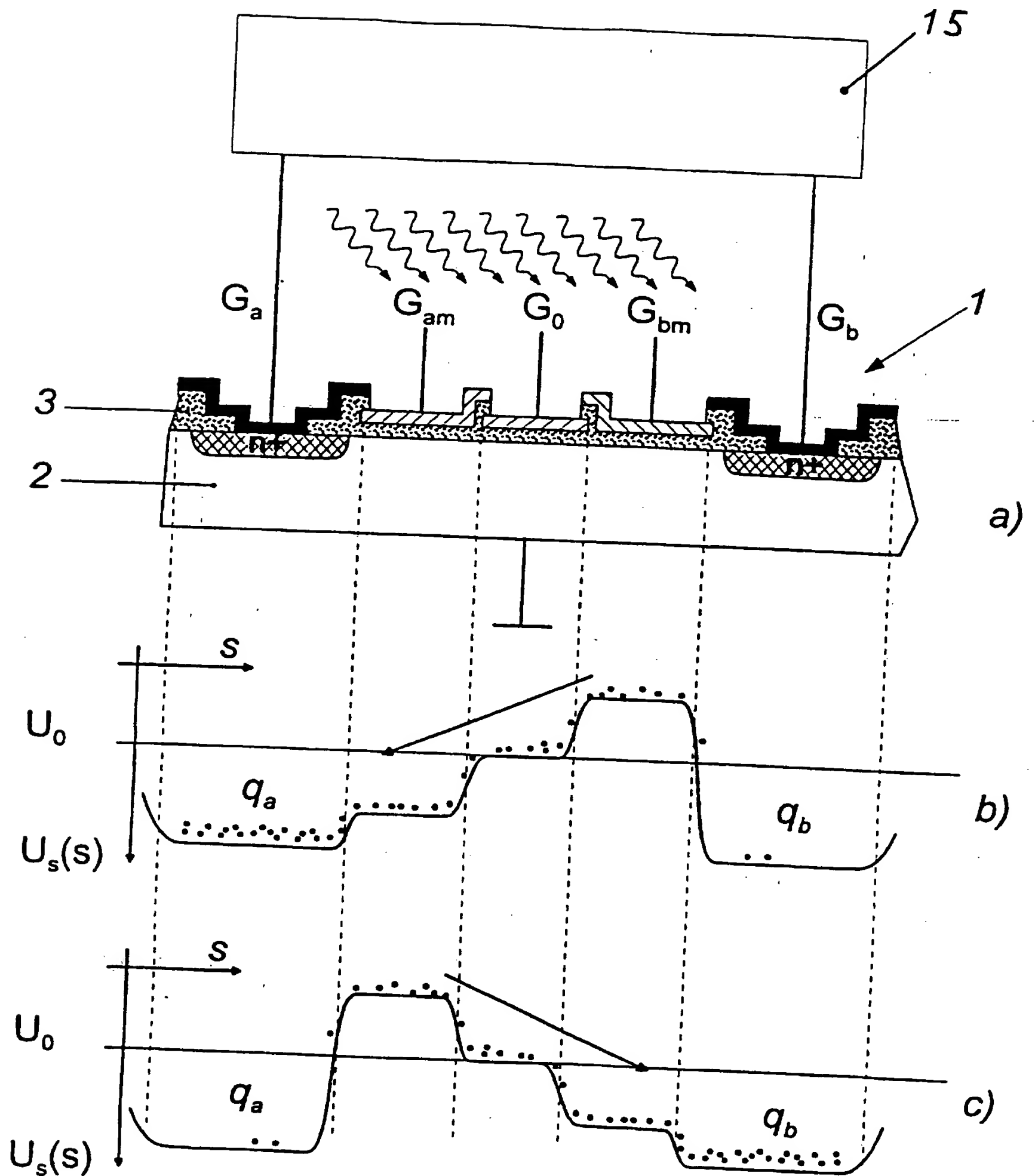
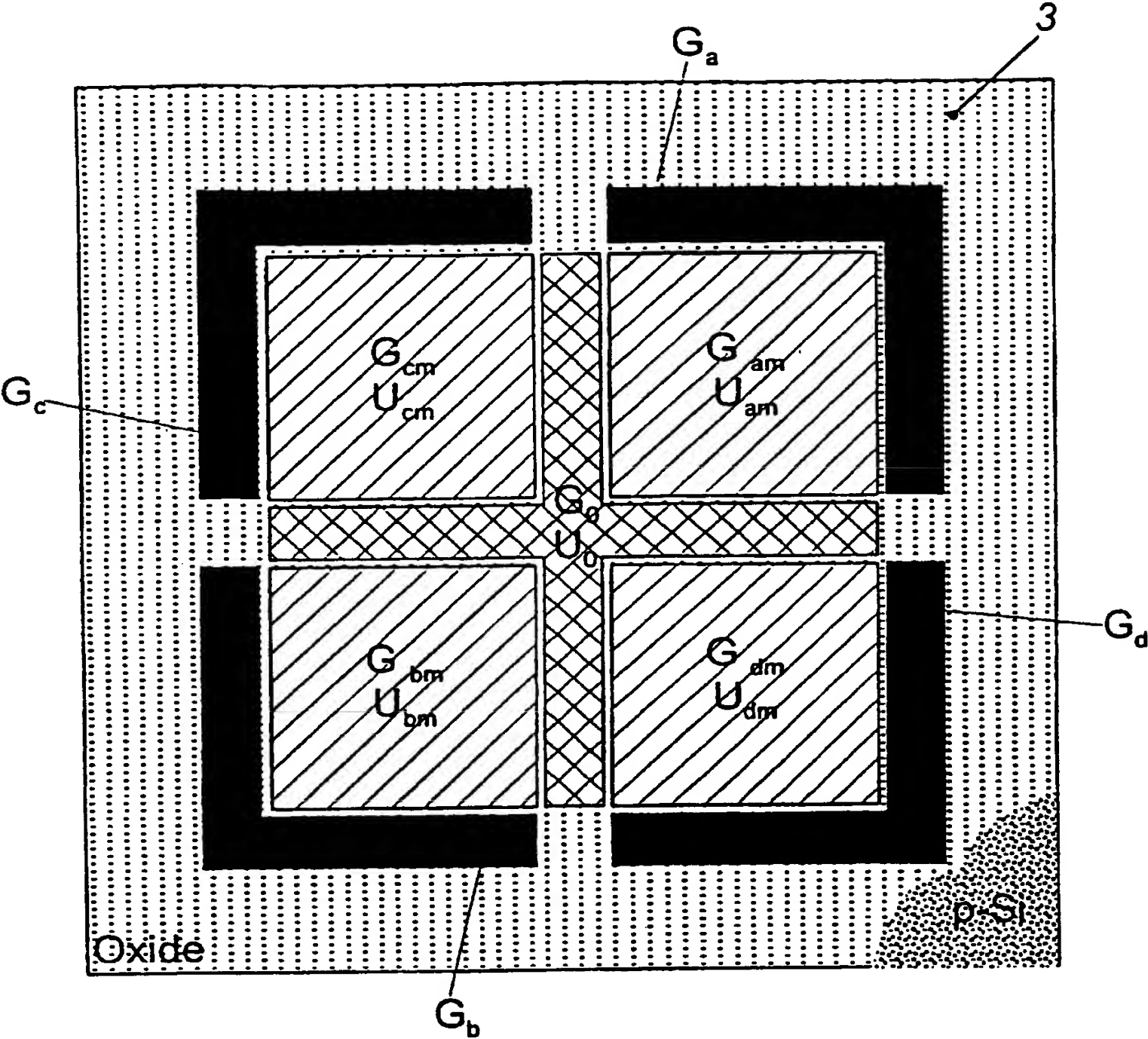


Fig. 13



BEST AVAILABLE COPY

Fig. 14

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 97/01956

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 G01J9/00 G01B11/24 H04N3/15 H01L27/148

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 G01J G01B H04N H01L G01S G01C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 44 39 298 A (SCHWARTE RUDOLF PROF DR ING) 13 June 1996 cited in the application see page 3, line 1 - line 34; claim 1 ---	1,17
Y	SPIRIG T ET AL: "THE LOCK-IN CCD - TWO-DIMENSIONAL SYNCHRONOUS DETECTION OF LIGHT" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, vol. 31, no. 9, 1 September 1995, pages 1705-1708, XP000526180 cited in the application see page 1705 - page 1706 --- -/--	1,17



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 January 1998

Date of mailing of the international search report

- 6. 02. 98

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Breusing, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 97/01956

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A, P	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 003, 31 March 1997 & JP 08 313215 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 29 November 1996, see abstract ---	1
A	SUZUKI T ET AL: "REAL-TIME TWO-DIMENSIONAL SURFACE PROFILE MEASUREMENT IN A SINUSOIDAL PHASE-MODULATING LASER DIODE INTERFEROMETER" OPTICAL ENGINEERING, vol. 33, no. 8, 1 August 1994, pages 2754-2758, XP000462289 see the whole document ---	1
A, P	US 5 646 733 A (BIEMAN LEONARD H) 8 July 1997 see column 1 - column 2; figure 1 ---	1
A	EP 0 419 936 A (STEINBICHLER HANS) 3 April 1991 see abstract; figure 1 ---	
A	US 5 381 235 A (INOUE YASUO ET AL) 10 January 1995 see column 1; figures 1,2 -----	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 97/01956

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4439298 A	13-06-96	NONE	
US 5646733 A	08-07-97	WO 9728421 A	07-08-97
EP 0419936 A	03-04-91	DE 3930632 A	14-03-91
		AT 106557 T	15-06-94
		DE 9017720 U	14-11-91
		DE 59005914 D	07-07-94
		JP 3175327 A	30-07-91
		US 5155363 A	13-10-92
US 5381235 A	10-01-95	JP 2581863 B	12-02-97
		JP 5172539 A	09-07-93

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/01956

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 G01J9/00 G01B11/24 H04N3/15 H01L27/148

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoß (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 G01J G01B H04N H01L G01S G01C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoß gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 44 39 298 A (SCHWARTE RUDOLF PROF DR ING) 13.Juni 1996 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 3, Zeile 1 - Zeile 34; Anspruch 1	1,17
Y	--- SPIRIG T ET AL: "THE LOCK-IN CCD - TWO-DIMENSIONAL SYNCHRONOUS DETECTION OF LIGHT" IEEE JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, Bd. 31, Nr. 9, 1.September 1995, Seiten 1705-1708, XP000526180 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 1705 - Seite 1706 --- -/-	1,17

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. Januar 1998

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

- 6. 02. 98

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Breusing, J

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A,P	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 097, no. 003, 31.März 1997 & JP 08 313215 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 29.November 1996, siehe Zusammenfassung ---	1
A	SUZUKI T ET AL: "REAL-TIME TWO-DIMENSIONAL SURFACE PROFILE MEASUREMENT IN A SINUSOIDAL PHASE-MODULATING LASER DIODE INTERFEROMETER" OPTICAL ENGINEERING, Bd. 33, Nr. 8, 1.August 1994, Seiten 2754-2758, XP000462289 siehe das ganze Dokument ---	1
A,P	US 5 646 733 A (BIEMAN LEONARD H) 8.Juli 1997 siehe Spalte 1 - Spalte 2; Abbildung 1 ---	1
A	EP 0 419 936 A (STEINBICHLER HANS) 3.April 1991 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ---	
A	US 5 381 235 A (INOUE YASUO ET AL) 10.Januar 1995 siehe Spalte 1; Abbildungen 1,2 -----	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 97/01956

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4439298 A	13-06-96	KEINE	
US 5646733 A	08-07-97	WO 9728421 A	07-08-97
EP 0419936 A	03-04-91	DE 3930632 A	14-03-91
		AT 106557 T	15-06-94
		DE 9017720 U	14-11-91
		DE 59005914 D	07-07-94
		JP 3175327 A	30-07-91
		US 5155363 A	13-10-92
US 5381235 A	10-01-95	JP 2581863 B	12-02-97
		JP 5172539 A	09-07-93

BEST AVAILABLE COPY